



Estudo petrográfico das rochas do Complexo Metamórfico de Aileu (costa norte de Timor Leste, entre Manatuto e Liquiça)

Dioclesia Jusefina Sávio

Mestrado em Geologia

Departamento de Geociências Ambiente e Ordenamento do Território

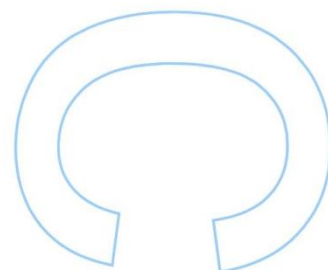
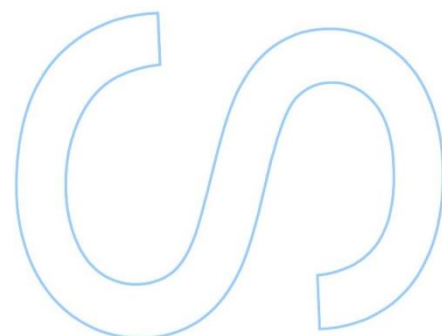
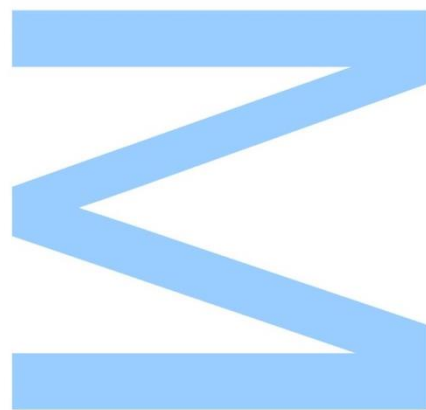
2017

Orientadora

Doutora Maria dos Anjos Marques Ribeiro, Professora Associada, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Coorientador

Doutor Pedro Miguel Madureira Pimenta Nogueira, Professor Auxiliar, Departamento de Geociências da Universidade da Évora.

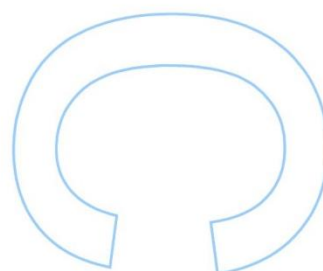
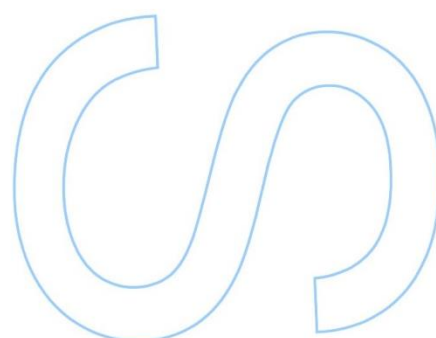
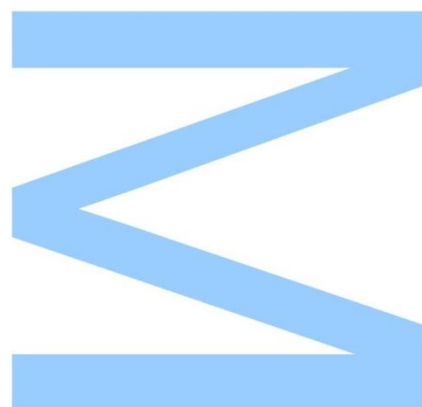




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



AGRADECIMENTO

A realização desta dissertação, não seria possível sem o apoio de algumas pessoas, aos quais deixo os meus sinceros agradecimentos.

À Professora Doutora Maria dos Anjos Ribeiro, por ter aceitado orientar esta dissertação, pelo apoio e acompanhamento durante o desenvolvimento do trabalho. Obrigada a todos por tudo que me têm dado.

Ao Professor Doutor Pedro Nogueira, por ter aceitado coorientar esta dissertação, pelas indicações das coordenadas do recolhimento das amostras e algumas sugestões ao longo do trabalho.

À D. Irene do DGAOT-FCUP, pelo cumprimento das suas funções profissionais, contribuindo na elaboração das lâminas delgadas.

Aos meus pais, Diogo Sávio e Natalina Hornay, o meu curso não teria sucesso sem eles. Puseram sempre o meu bem-estar acima deles, ensinaram-me a ser humilde, responsável e trabalhadora. Obrigada por entenderem a minha ausência durante o meu estudo.

E aos meus irmãos, por entenderem a minha saída da casa. Muito obrigada mesmo.

Ao meu namorado Francisco Silva, por estar sempre comigo desde o início do trabalho até ao fim. Obrigada pela incontável paciência.

A todos os familiares e amigos, pelo apoio ao longo da elaboração de trabalho.

A todos, dedico o resultado desse trabalho.

Resumo

O complexo Metamórfico de Aileu localiza-se na parte norte da ilha de Timor. Este complexo inclui diversas litologias, englobadas numa unidade alóctone, das quais se destacam rochas meta-pelíticas, meta-carbonatadas e meta-ígneas. Esta unidade, segundo alguns autores, fará parte da placa Asiática, instalada tectonicamente durante o Miocénico, sobre formações da placa continental Australiana durante um processo de colisão. As litologias metamórficas resultam de protólitos da idade Pérmico-Triásica e possivelmente do Jurássico.

As amostras estudadas neste trabalho foram recolhidas ao longo da costa norte de Timor-Leste, entre as povoações de Manatuto e Liquiça numa extensão de cerca de 70 km, e incluem todas as litologias referidas. As amostras foram recolhidas em 13 pontos e correspondendo às 28 lâminas.

Os estudos petrográficos e mineralógicos das rochas meta-pelíticas incluem quartzo-filito, filito e areno pelíticas, e rochas meta-carbonatadas incluem xisto quartzo-carbanatado e mármore impuro, mostram que as rochas estudadas sofreram pelo menos duas fases de deformação. As rochas meta-sedimentares apresentam uma foliação principal em geral paralela à estratificação (S_n/S_0). Esta foliação apresenta-se crenulada por uma fase posterior, nem sempre acompanhada por clivagem de crenulação (S_{n+1}). As condições metamórficas, avaliadas sobretudo pelo estudo das rochas meta-pelíticas, não ultrapassaram a zona de biotite, da fácies dos xistos verdes. A blastese de biotite ocorre em porfiroblastos não muito desenvolvidos e com caráter pós-cinemático sobre S_n .

As rochas meta-ígneas estudadas incluem anfibolitos, epidotitos e xistos verdes. A sua textura e mineralogia, e a sua associação espacial a rochas pelíticas na zona da biotite, permitem considerar que, também nestas, não foram ultrapassadas as condições metamórficas descritas, ou seja a fácies dos xistos verdes.

A distribuição geográfica da amostragem permitiu confirmar um gradiente metamórfico desde a zona da clorite a Oeste, até à zona da biotite a Leste.

Palavra-chave: Complexo metamórfico de Aileu, Rochas metamórficas, Fácies de metamorfismo, Fases de deformação, Petrografia e Mineralogia.

Abstract

The Metamorphic Complex of Aileu is located in the northern part of Timor Island, occupies a large area of East Timor, in the north of territory. This complex included diverse lithologies, in an allochthon unit, namely meta-pelitic, meta-carbonate and meta-igneous. This unit, according to some authors, is part of the Asian plate, installed tectonically in the Miocene, on Australian continental plate formation during a collision process. The Metamorphic lithologies result from protoliths of the Permian-Triassic and possibly Jurassic ages.

The studied samples were collected along the north coast of East Timor, from Manatuto to Liquiça, in an extension of about 70 km, and include all such lithologies. The samples were collected at 13 points and corresponding to 28 thin sections.

The petrographic and mineralogic studies on meta-pelitic rocks include quartz-phyllite, phyllite and sandstone-pelitic, and meta-carbonate rocks include quartz-carbonate shale and impure marble, show that the rocks studied at least suffered by two deformation phases. In the metasedimentary rocks, the main foliation is generally parallel to the stratification (S_n/S_0), and is crenulated by later phase of deformation, not always accompanied by crenulation cleavage (S_{n+1}). Evaluated mainly by the study of pelitic rocks, the metamorphic condition did not exceed the biotite zone, of green schist facies. The biotite blastesis occurs in porphyroblasts not very developed and with post-kinematic character on S_n .

The meta-igneous rocks studied include amphibolites, epidotites, and green schists. Its texture and mineralogy, and their spatial association to the pelitic rocks in the biotite zone, allow us to consider that the metamorphic condition are not exceeded the biotite zone.

The geographic distribution of the samples allowed confirm a metamorphic gradient from the chlorite zone to the west, until the biotite zone to the east.

Keywords: Metamorphic Complex of Aileu, Metamorphic rocks, Metamorphism facies, deformation phases, petrography and mineralogy.

ÍNDICE:

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. OBJETIVO	1
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
CAPÍTULO II- CONCEITOS TEÓRICOS GERAIS SOBRE AS ROCHAS METAMÓRFICAS	3
2.1. Metamorfismo	3
2.1.1. Fatores de metamorfismo	3
2.1.2. Tipos de metamorfismo	4
2.1.3. Grau de metamorfismo	7
2.1.4. Fácies do metamorfismo	8
2.2. Classificação e nomenclatura das rochas metamórficas.....	10
2.2.1. Classificação das rochas metamórficas por nomes estruturais	10
2.2.2. Classificação das rochas metamórficas por nomes específicos	11
2.3. Caracterização estrutural e textural das rochas metamórficas.....	13
2.3.1. Estruturas	13
2.3.2. Textura e microestrutura.....	15
2.3.3. Relações cronológicas entre as blastese e a deformação.....	21
2.4. Principais tipos de protólito das rochas metamórficas	24
CAPÍTULO III- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO.....	26
3.1. Localização Geográfica.....	26
3.2. Enquadramento Geológico.....	29
3.2.1. Unidades litoestratigráficas e/ou tectonoestratigráficas.....	31
3.2.2. Litoestratigrafia da área de estudo- Complexo Metamórfico de Aileu.....	35
3.2.3. Estrutura e metamorfismo	36
CAPÍTULO IV - METODOLOGIA E AMOSTRAGEM	38

4.1. Trabalho de campo	38
4.2. Amostragem	39
4.3. Preparação das amostras	43
4.4. Trabalho laboratorial	44
CAPÍTULO V- DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E PETROGRÁFICA COM AS SUAS DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	48
5.1. Análise Microscópica e Macroscópica	49
Afloramento A – Subão grande.....	49
Afloramento G- Behau	53
Afloramento H- estrada para Hera via Fatukama	61
Afloramento I- estrada para Hera via Fatukama	71
Afloramento J – Metiaut- estrada para Hera via Fatukama.....	74
Afloramento M- Cristo Rei Dili.....	78
Afloramento L- Metiaut- estrada para Cristo Rei.....	86
Afloramento K- Metiaut	88
Afloramento F- Tasi tolu.....	97
Afloramento E- sul de Tibar	108
Afloramento D- Tibar.....	114
Afloramento C- Ulmera	123
Afloramento B – Aipelo	127
CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÃO FINAIS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
Livros e Artigos	132
Página consultadas.....	134
Documentos adicional:.....	134
ANEXOS	135

LISTA DOS QUADROS

Tabela 1: composição química do protólito das rochas metamórficas de origem ígnea e sedimentar.....	24
Tabela 4.1: Os dados recolhidos durante a realização do recolhimento das amostras.....	41
Tabela 4.2: Lista das lâminas (Total das lâminas são 28).....	47
Tabela 5.1: Registo de percentagem dos elementos de anortite com ETR (Z11, Fig. 5.33D e Graf. 5.5F).	85
Tabela 5.2: Registo de percentagem dos elementos de ilmenite	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Representação esquemática dos principais tipos de metamorfismo (SCMR).	7
Figura 2. 2: Diagrama P-T do grau de metamorfismo.	8
Figura 2. 3: Fácies metamórfica em função do diagrama de Pressão e Temperatura (adotado de Yardley, 1988 em em Ribeiro & Martins, 2004-2005).....	9
Figura 2. 4: Rochas exemplares dos Xistos (adotado de http://geology.com/rocks/metamorphic-rocks.shtml).	10
Figura 2. 5: Amostra exemplar do Gnaiss.	11
Figura 2. 6: Amostras exemplares das rochas Granulares (adotado de http://geology.com/rocks/metamorphic-rocks.shtml).	11
Figura 2. 7: Morfologia das foliações utilizando microscópio ótico (adotado de Powel, 1979 e Borradaile et al. 1982 em Ribeiro & Martins, 2004-2005).	15
Figura 2. 8: Texturas metamórficas marcadas por blastese. A) Textura Granoblastica (sem orientação mineralógica preferencial); B), D),E) Texturas dependentes do hábito dos minerais (orientada ou não orientada); C) Combinação de A+B; D) Textura em feixe, roseta e nodular; E) Textura em verminular, coronítica e ocelada; (adotado de Bard, 1986).	17
Figura 2. 9: Textura dos tectonitos, A) Textura sem foliação; B)Textura com foliação (orientada) adotado de Bard, 1986.....	19
Figura 2. 10: Texturas das rochas de origem mantélica, (adotado de Bard, 1986).	20

Figura 2. 11: Representação esquemática de diferentes tipos de paragénese relativamente à deformação (adotado de Van der Pluijm & Marshak, 2004) 22

Figura 2. 12: Representação esquemática de blastese mimética. 23

Figura 3. 1: Contextualização geográfica de Timor Leste, no sudoeste Asiático (adotado de <http://www.mapas-asia.com/sudeste-politico.htm> no dia 14/10/2016).

..... 27

Figura 3. 2: Contextualização por menor da geografia de Timor Leste (adotado de <http://www.mapa-del-mundo.es/pais/timor-oriental/> no dia 15/11/2016)..... 28

Figura 3. 3: Localização geográfica da amostragem realizada (sobre imagem GE, 2016). 28

Figura 3. 4: Contexto geotectónico atual de Timor Leste (adotado de Audley-charles, 2004)..... 30

Figura 3. 5: Esboço geológico de Parautoctone, Autóctone e Alóctone em Timor Leste (adotado de Audley-Charles, 1986)..... 30

Figura 3. 6: Contextualização das formações geológica de Timor Leste na Carta geológica simplificada de Timor Leste com escala 1:250.000 (adotado de Audley-Charles, 1968) em (Carvalho & Lisboa, 2003). 31

Figura 3. 7: Principais unidades tectonoestratigráficas da Ilha de Timor Leste (in Nogueira, 2012) adotado de (Audley-Charles, 2011). 32

Figura 3. 8: Esboço das litologias existentes no Complexo Metamórfico de Aileu (adotado de Berry, 1979). 36

Figura 3. 9: Zonas de Minerais na Formação de Aileu (adotado de Berry, 1979). 37

Figura 4. 1: A) Marcador; B) Saco de embalagem; C) Martelo; D) Máquina fotográfica; E) GPS; F) Bússola. 38

Figura 4. 2: Vista geral da localização dos pontos de amostragem, aproximadamente 70 km (sobre imagem GE, 2016)..... 40

Figura 4. 3: Exemplo da recolha das amostras, A) Afloramento E; B) Amostras recolhidas e respetiva identificação no saco. 40

Figura 4. 4: A) Máquina do corte (DGAOT); B) Amostras cortadas para realização de lâmina delgada ~10mm 43

Figura 4. 5: Fotografia das lâminas preparadas para estudos. 44

Figura 4. 6: A) Lupa binocular; B) Microscópio ótico. 46

Figura 4. 7: SEM/EDS (CEMUP)..... 46

Figura 5. 1: A) Localização das amostras DS1A e DS2A (ponto 11) e DS1G, DS2G e DS3G (ponto 10), sobre imagem GE; B) e C) Afloramentos onde foram recolhidas as amostras DS1A e DS2A. 49

Figura 5. 2: Amostra DS1A – xisto verde: A) Amostra de mão; B) Microfotografia evidenciando textura muito fina com caráter cataclástico (NX). 50

Figura 5. 3: Microfotografias da amostra DS1A evidenciando os cristais de piroxena (px) e filonetes irregulares de calcite (cal) com algum epidoto (ep) (ambas em NX). 50

Figura 5. 4: Amostra DS2A – xisto verde: A) Amostra de mão; B) Microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular (NX). 51

Figura 5. 5: Microfotografias da amostra DS2A, pondo em evidência a textura heterogranular e a composição mineralógica com epidoto (ep), tremolite (anf), apatite (ap), clorite (cl), calcite (cal) e quartzo (qtz). É visível um filonete com preenchimento de calcite e epidoto..... 52

Figura 5. 6: Afloramento G, onde foram recolhidas as amostras DS1G; DS2G; e DS3G, respetivamente nos pontos A, B e C, pondo em evidências a heterogeneidade litológica..... 53

Figura 5. 7: Intercalações mais finas das mesmas litologias da figura anterior, correspondentes as amostras DS1G e DS2G..... 54

Figura 5. 8: Microfotografias evidenciando a textura e composição das amostras DS1G (A) e DS2G (B) (N//). 54

Figura 5. 9: Microfotografias da amostra DS1G evidenciando os cristais epidoto (ep), quartzo (qtz), biotite (bt), hornblenda (hbl) e plagioclase (pl). 55

Figura 5. 10: Microfotografias de xisto anfibólico (amostra DS2G) evidenciando os cristais: hornblenda (hbl), com orientação preferencial paralela à S_0 , plagioclase (pl), epidoto (ep), clorite (cl) e calcite (cal), esta última a preencher fratura, associada a clorite..... 56

Figura 5. 11: Amostra DS3G - epidotito; A) amostra de mão (B) afloramento, onde foi recolhida a amostra. 57

Figura 5. 12: Microfotografias de epidotito (amostra DS3G) evidenciando textura granoblástica e os cristais de epidoto (ep), quartzo (qtz), anfíbolos (anf), calcite (cal) e clorite (cl).....	58
Figura 5. 13: Imagens da amostra DS3G obtidas por SEM, A) Z1-Oxido de ferro, Z2-Horneblenda, Z3- Quartzo, Z4=Z5-Epidoto; B) Z1-Prehnite; C) Z4- Paragonite; D) Z3- Calcite; Z2- Tremolite e actinolite (anfíbolos).....	59
Figura 5. 14: Localização geografia dos afloramentos: H (ponto 9), I (ponto 8), J (ponto 13), K (ponto 6), L (ponto 7) e M (ponto 12), sobre imagem GE.	61
Figura 5. 15: Aspetos do afloramento no ponto H: A-Filonetes de quartzo dobrados, em zona mais pelítica; B- Dobras de plano axial horizontal afetando a foliação paralela à estratificação; C e D – Localização das amostras recolhidas: A-DS1H (A); B-DS1H (B); C-DS2H (A); e D-DS2H (B).....	62
Figura 5. 16: Microfotografias de xisto quartzo-carbonatado (amostra DS1H A) evidenciando bandas quartzo-pelíticas (A, C e D) e bandas carbonatadas. A) Banda micácea, com foliação crenulada, paralela à estratificação (N//); B) Banda carbonatada com textura granoblástica (NX); C) Blastese mimética de biotite sobre a foliação e a marcar a crenulação, com caráter sin-cinemático com a fase D_{n+1} (N//); D) Turmalina associada a biotite (N//). (bt-biotite, mb-mica, qtz-quartzo, cal-calcite e tur-turmalina).....	63
Figura 5. 17: Amostra de quartzo-filito (DS1H B).	64
Figura 5. 18: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1H B) evidenciando de textura grano-lepidoblástica: A) Bandas quartzosas granoblásticas e bandas micáceas (mica branca) lepidoblásticas, marcando S_n e S_0 (NX); B) Porfiroblastos de biotite sobre S_n (N//); C) Biotite associado na S_n em caráter mimética (N//); D) Zircão em inclusões na biotite (NX); E) Arcos poligonais de biotite sobre a zona de charneira (N//); F) Zona de microcharneir e com a foliação associada, marcando S_n e S_{n+1} (N//). (bt-biotite, mb-mica branca, qtz-quartzo e zrn-zircão).	66
Figura 5. 19: Imagens da amostra DS1HA obtidas por SEM, Z1-biotite; Z2-apatite; Z3-clorite; Z4-muscovite.	67
Figura 5. 20: Microfotografias evidenciando a textura grano-lepidoblástica das amostras DS2H(A) e DS2H(B) (ambos em NX).....	69
Figura 5. 21: Microfotografias de xisto quartzo-carbonatado (amostra DS2H A) evidenciando os cristais: biotite (bt), quartzo (qtz), calcite (cal) e turmalina (tur ..	70

Figura 5. 22: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS2H B): A-Associação de biotite e turmalina na S_n (N//); B) porfiroblastos de biotite transversa a S_n (N//); C e D-cristais de biotite e mica branca na S_n (N// e NX). (bt-biotite, qtz-quartzo, mb-mica branca, of-óxidos de ferro e tur-turmalina).	70
Figura 5. 23: Aspeto do afloramento do ponto I (A) e amostra de mão recolhida - DS1I- filito negro (B).	71
Figura 5. 24: A e B- Microfotografias de filito negro (amostra DS1I) evidenciando da concentração de micas no estudo ótico (NX); C e D- Imagens da amostra DS1I obtidas por SEM,Z1-ilmenite e Z2-paragonite (esquerda); Z1- óxido de ferro (direita);	72
Figura 5. 25: Aspeto do afloramento do ponto J (A), amostra de mão recolhida - DS1J (B e C) e microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica (D) em N//.	74
Figura 5. 26: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1J) evidenciando dos cristais: biotite (bt), quartzo (qtz), plagioclase (pl), zircão (zrn) e turmalina (tur). .	76
Figura 5. 27: Imagens da amostra DS1J obtidas por SEM: A) inclusão de moscovite (Z2) na albite (Z1); B) evidenciado do rútilo (Z4) nos inclusos e/ou bordos de biotite (Z3); C) concentração de bt-biotite na foliação principal; D) Z1-Albite, Z2-moscovite e Z3-rútilo.	76
Figura 5. 28: Afloramento de anfibolitos no ponto M, onde foram recolhidas as amostras DS2M (A) e DS1M (B).	78
Figura 5. 29: Amostra DS1M - anfibolito: A) Amostra de mão B) microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular em NX.	79
Figura 5. 30: Microfotografias de anfibolitos (amostra DS1M) evidenciando os cristais: horneblenda (hbl), plagioclase (pl), apatite (ap), biotite (bt) e quartzo (qtz).	80
Figura 5. 31: Amostra DS2M – anfibolito: A) Amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura granoblástica em NX.	81
Figura 5. 32: Microfotografias de anfibolitos (amostra DS2M) evidenciando os cristais horneblenda (hbl), plagioclase (pl), apatite (ap), biotite (bt), quartzo (qtz), zircão (zrn) e a seta vermelha é granada.	83
Figura 5. 33: Imagens da amostra DS2M obtidas por SEM, A) Z1- Óxido de ferro; Z2-Ilmenite; Z3-Anfibolas; Z4-Biotite; B) Z5- inclusão de esfena na ilmenite; C) Z8-	

zircão associados com biotite e hornblenda; D) Z9 - anortite com bordos ricos em elementos de terras raras leves Z11; Z10 – pumpleite.	83
Figura 5. 34: Amostra DS1L- quartzo- filito: A) afloramento L, onde foi recolhida a amostra; B) amostra de mão; C e D) microfotografias evidenciando textura grano-lepidoblástica marcada na microscópica ótica N// (esquerda) e NX (direita).	86
Figura 5. 35: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1L) evidenciando os cristais: A) biotite (bt) transversa à S_n (N//); B) biotite mimética concentrada sobre S_n (N//); C) zircão (zr) associado com biotite na S_n (N//); D) turmalina (tur) associada com biotite na S_n (N//); E) plagioclase (pl) nas bandas mais quartzosas (NX).	87
Figura 5. 36: A) afloramento K, onde foram recolhidas as amostras DS1K(A)- (A), DS1K(B)-(B); B) Microdobra afetando filonetes de calcite, no afloramento na amostra DS1K(A).	88
Figura 5. 37: Amostra DS1K A – quartzo-filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica (NX).	89
Figura 5. 38: Morfologia das foliações de quartzo-filito (amostra DS1KA): A) Bandas quartzosas apresentam S_n como clivagem de crenulação, afetando uma clivagem anterior (S_{n-1}) crenulada no interior dos microlithons (N//); B) Bandas pelíticas, onde S_n está crenulada e desenvolve-se outra foliação S_{n+1} e biotite em caráter mimético sobre S_n (NX); C) Esquema das foliações das duas fotos superiores.	90
Figura 5. 39: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1KA): A e B- bandas quartzosas com concentrações de quartzo (qtz), epidoto (cal) e calcite (cal) em NX; C- biotite (bt) em caráter mimética sobre bandas quartzosas (NX); D (NX) e E (N//) - bandas pelíticas com concentração de mica branca (mb), clorite (cl) e matéria orgânica (MO) na S_n e biotite em caráter de mimética sobre S_n e alinhada paralelamente a S_{n+1} . F) Esfena (esf) (N//).....	91
Figura 5. 40: Amostra DS1K B - mármore impuro: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular do mármore (NX).	92
Figura 5. 41: Microfotografias de mármore (amostra DS1K B) evidenciando os cristais quartzo (qtz) e calcite (cal) de diferentes dimensões (NX).	93
Figura 5. 42: Amostra de filito (DS2K).	93
Figura 5. 43: Microfotografias evidenciando textura grano- lepidoblástica A-N// B-NX.	94

Figura 5. 44: Microfotografias de filito (amostra DS2K) evidenciando os cristais A) mica branca (mb) e biotite (bt) concentram-se na foliação principal (S_n) (N//); B) biotite mimética na zona de charneira (N//); C) turmalina (tur) (NX); D) zircão (zrn) (NX).....	95
Figura 5. 45: Microfotografias da relação de morfologia da foliação do filito (amostra DS2K), A- a foliação principal marcada pelas micas branca e biotite mimética (S_0/S_n) (N//); B- biotite nas zonas de microcharneira à definir arcos poligonais. Mica branca (mb), biotite (bt) e qtz (quartzo)(N//).	95
Figura 5. 46: A) Localização dos pontos de amostragem: 5, 4, 3, 2e 1, onde foram recolhidas as seguintes amostras: DS1F, DS2F e DS3F (ponto 5); DS1E, DS2E e DS3E (ponto 4); DS1D, DS2D e DS3D (ponto 3); DS1C (ponto 2) e DS1B (ponto 1), sobre imagem GE; B) e C) Aspetos do afloramento F (ponto 5), onde foram recolhidas as amostras DS1F, DS2F E DS3F), respetivamente nos pontos A, B e C.....	97
Figura 5. 47: Amostra DS1F - quartzo-filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica, marcada por foliação principal paralela à estratificação (S_0/S_n) (NX).....	98
Figura 5. 48: Microfotografias da amostra DS1F, evidenciando as bandas pelíticas (A-D) e as bandas quartzosas (E-F). Clorite (cl), mica branca (mb), quartzo (qtz), turmalina (tur), calcite (cal) e biotite (bt). (N// -C,D,F,G e H) e (NX-A,B e E).....	100
Figura 5. 49: Amostra DS2F - xisto cloritoso: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular (NX).	101
Figura 5. 50: Microfotografias de xisto cloritoso (amostra DS2F) evidenciando os cristais clorite (cl), calcite (ca), quartzo (qtz), plagioclase (pl) e mica branca (mb).	102
Figura 5. 51: Imagens da amostra DS2F obtidas por SEM, A) Z1- albite;Z2-calcite; Z3-apatite; B) Z4-ilmenite; Z5-esfena; C) associação de biotite (Z6) e clorite (Z7); e D) Associação de biotite (Z3), albite (alb) e esfena (Z4).	103
Figura 5. 52: Amostra DS3F: A) Amostra de mão; B e C) Microfotografias evidenciando textura grano-lepidoblástica (NX).....	105
Figura 5. 53: Morfologia de foliação, A) S_n na zona mais micácea paralela a estratificação (S_0) (N//); B- S_n na zona mais quartzosa oblíqua a estratificação (S_0) (N//).	106

Figura 5. 54: Microfotografias de filito (amostra DS3F) evidenciando os cristais quartzo (qtz), mica branca (mb), turmalina (tur) e clorite (cl).....	107
Figura 5. 55: A) Localização das amostras de DS1E, DS2E e DS3E no ponto 4, sobre imagem GE; B e C) Afloramento E, onde foram recolhidas as amostras DS1E (A); DS2E (B); e DS3E (C).	108
Figura 5. 56: Microfotografias evidenciando textura clástica dos arenitos (amostras DS1E-A e DS2E-B) ambos em N//.	109
Figura 5. 57: Estrutura dos arenitos, A- clivagem suave oblíqua à S_0 da amostra DS1E (NX) e B- S_0 dobrada da amostra DS2E (N//); C e D- microfotografias de arenito (amostra DS1E) evidenciando os grãos de mica detrítica e grãos de quartzo (NX); E (NX) e F (N//)- microfotografia de arenito (amostra DS2E) evidenciando os cristais mica recristalizados e grãos de quartzo e a crenulação nos níveis ou fragmentos mais finos.	110
Figura 5. 58: Amostra DS3E - quartzo-filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica marcada da amostra (N//).....	111
Figura 5. 59: Clivagem principal (S_n) e alinhamento de micas corresponde à foliação anterior (S_{n-1}) (ambos em NX).	111
Figura 5. 60: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS3E) evidenciando os cristais biotite (bt), mica branca (mb) e quartzo (qtz).	112
Figura 5. 61: Imagens da amostra DS3E obtidas por SEM, A) Z1-biotite, Z2-illite, Z3- Albite, Z4-Apatite; B) Z1-Biotite, Z2- Albite, Z3-Paragonite.....	112
Figura 5. 62: Afloramento D, com indicação da localização das amostras A-DS1D, B-DS2D e C-DS3D.....	114
Figura 5. 63: A) amostra DS1D - filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica da amostra (N//); C) bandas quartzosas constituídas essencialmente por calcite (cal) e quartzo (qtz) (NX) e D) textura grano-lepidoblástica marcada por bandas micáceas e quartzosas (NX).	115
Figura 5. 64: Microfotografias de filito (amostra DS1D): A) foliação principal crenulada pela D_{n+1} (NX); B) clivagem de crenulação (S_{n+1}) (N//); C) biotite em mimética (N//); Evidenciando os cristais mica branca (mb), clorite (cl), quartzo (qtz), biotite (bt) e esfena (esf).	116
Figura 5. 65: A-amostra de mão DS2D; B, e C - microfotografias de filito (amostra DS2D) evidenciando textura grano-lepidoblástico. B- banda lepidoblástica,	

essencialmente moscovítica (S_n/S_0) (NX); C- banda granoblástica essencialmente quartzosa (NX);	118
Figura 5. 66: Imagens da amostra DS2M obtidas por SEM, A) Z1-esfena, Z2-óxido de ferro, Z3-zircão; B) inclusão de ilmenite (Z2) na esfena (Z1); C) inclusões de rútilo (Z4) na esfena (Z3), Z5- Z6-Bramalite; D)Z1-esfena, Z2-apatite, Z3-albite.	119
Figura 5. 67: Amostra DS3D – filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica (NX).	121
Figura 5. 68: Microfotografias de filito (amostra DS3D) evidenciando os cristais mica branca (mb), biotite (bt), quartzo (qtz), zircão (zrn), plagioclase (pl) e turmalinas (tur).....	121
Figura 5. 69: Amostra DS1C- Filito negro: A) Afloramento C, onde foi recolhida a amostra B) Amostra de mão.....	123
Figura 5. 70: Microfotografias de morfologia das foliações (relação entre S_n e S_{n+1}) do filito (amostra DS1C); A- foliação principal (S_n); B- crenulação na zona de charneira (D_{n+1}) nos níveis mais pelíticos; C- clivagem de crenulação nos níveis mais pelíticos (S_{n+1}) associada à deformação de D_{n+1} ; D- estratificação (S_0) paralela à foliação principal e a ausência de clivagem de crenulação nos níveis mais quartzosos. (todos em N//, A-D).	124
Figura 5. 71: Microfotografias de filito (amostra DS1C) evidenciando textura grano-lepidoblástica e os cristais mica branca (mb), quartzo (qtz), calcite (cal) e o filonete de calcite e quartzo.	125
Figura 5. 72: Amostra DS1B – quartzo-filito: A) Afloramento B, onde foi recolhida a amostra DS1B; B) amostra de mão; C e D) Microfotografias evidenciando textura grano-lepidoblástica: granoblástica marcada por concentração de quartzo e lepidoblástica por bandas de micas (S_n/S_0) (ambos em NX).....	128
Figura 5. 73: A) Microfotografia da morfologia de foliação; B) Esquema da refração da foliação.	128
Figura 5. 74: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1B) evidenciando os cristais mica branca (mb), quartzo (qtz), clorite (cl), matéria orgânica (mo) e óxido de ferro (of).....	128

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 5.1: Espectros dos minerais de epidotito (amostra DS3G) na análise EDS: A-Epídoto (Z1, Fig. 5.13B), B-Tremolite actinolite (Z2, Fig. 5.13D), C-Horneblenda (Z2, Fig. 5.13A), D-Óxido de ferro (Z1, Fig. 5.13A) e E- Paragonite (Z4, Fig. 5.13C).	60
Gráficos 5.2: Espectros dos minerais de quartzo-filito (DS1H B) na análise EDS: A-Biotite (Z1, Fig. 5.19), B- Apatite (Z2, Fig. 5.19), C- Moscovite (Z4, Fig. 5.19), e D- Clorite (Z3, Fig. 5.19).	68
Gráficos 5.3: Espectros dos minerais de filito negro (amostra DS1I) na análise EDS: A- Paragonite (Z2, Fig. 5.24 C), B- Óxido de ferro (Z1, Fig. 5.24 D) e C- Ilmenite (Z1, Fig. 5.24 C).	73
Gráficos 5.4: Espectros dos minerais de quartzo-filito (amostra DS1J) na análise EDS, A-biotite (Z3 e bt, Fig. 5.27 B e C); B-Rútilo (Z4 e Z3, Fig. 5.24 B e D); C- Albite (Z1, Fig. 5.24 A e D); D- Moscovite (Z2, Fig. 5.24 A e D).	77
Gráficos 5.5: Espectros dos minerais de anfibolitos (amostra DS2M) na análise EDS: A- óxido de ferro (Z1, Fig. 5.33A); B- ilmenite (Z2, Fig. 5.33A); C- zircão (Z8, Fig. 5.33C); D- pumpleite (Z10, Fig. 5.33D); E- anortite (Z9, Fig. 5.33D); F- anortite com REE (Z11, Fig. 5.33D).	84
Gráficos 5.6: Espectros dos minerais de Xisto cloritoso (amostra DS2F) na análise EDS: A-Ilmenite (Z4, Fig. 5.51B); B-Apatite (Z3, Fig. 5.51A); C-Esfena (Z5 e Z4, Fig. 5.51B e D); e D-Albite (Z1 e Alb, Fig. 5.51A e D).	104
Gráficos 5.7: Espectros dos minerais de quartzo-filito (amostra DS3E) na análise EDS: A- Paragonite (Z3, Fig. 61B); B- Apatite (Z4, Fig. 61A); C- Biotite (Z1, Fig. 61A e B); D- Illite (Z2, Fig. 61A);	113
Gráficos 5.8: Espectros dos minerais da amostra DS2D na análise de EDS: A- Esfena (Z1, Fig. 5. 67A, B e D); B- Ilmenite (Z2, Fig. 5. 67B); C- Rútilo (Z4, Fig. 5. 67C); D-	120

LISTA DE DIAGRAMA

Diagrama 5.1: Relações entre deformação e blastese de xisto quartzo-carbonatado (amostra DS1H(A)).....	64
Diagrama 5.2: Relações entre deformação e blastese da amostra DS1H (B)	67
Diagrama 5.3: Relações entre deformação e blastese no quartzo-filito (amostra DS1K(A)).....	92
Diagrama 5.4: Relações entre deformação e blastese na amostra DS2K	96
Diagrama 5.5: Relações entre deformação e blastese no quartzo-filito	99
Diagrama 5.6: Relações entre deformação e blastese na amostra DS3F.....	106
Diagrama 5.7: Relações entre deformação e blastese no filito (amostra DS1D)	116
Diagrama 5.8: Relações entre deformação e blastese no filito (DS2D)	118
Diagrama 5.9: Relações entre deformação e blastese no filito (amostra DS1C)	126

LISTA DE ABREVIATURA

Albite-alb

Mica branca- mb

Anfíbolas- anf

N// - Nicons paralela

Apatite- ap

NX - Nicons cruzadas

Biotite- bt

Óxidos de ferro- of

Calcite-cal

Piroxena- px

Clorite-cl

Plagioclase- pl

D1-Deformação 1

Quartzo- qtz

D2-Deformação 2

Rútilo- rt

DS-Dioclesia Sávio

SCMR- Subcommission on the
Systematics of Metamorphic RocksEDS- Energy Dispersive
SpectroscopySEM-Microscópio eletrónico de
varrimento

Esfena- esf

Sub-horizontais- SH

Estratificação- S_0

Terras raras leves-TRL

Epídoto- ep

Terras raras pesados-TRP

Foliação principal- S_n

Turmalina-tur

Foliação posterior à S_n - S_{n+1}

Zircão-zr

Foliação anterior à S_n - S_{n-1}

GE-Google Earth

Horneblenda- hbl

Ilite- ill

Ilmenite- ilm

IUGS- International Union of
Geological Sciences

Materia orgânica dispersa- MOD

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.1. INTRODUÇÃO

O presente estudo insere-se na Unidade Curricular Dissertação (G5001) do segundo ano do mestrado em Geologia da Faculdade de Ciências Universidade do Porto.

O trabalho incidiu essencialmente no **Estudo petrográfico das rochas do Complexo Metamórfico de Aileu (costa norte de Timor Leste, entre Manatuto e Liquiça)**. Engloba o estudo da microestrutura, textura e composição mineralógica das rochas metamórficas para investigar a associação dos minerais, sendo que estas associações podem definir as condições em que ocorreram os eventos metamórficos e permitir caracterizar os processos e história da evolução metamórfica.

O complexo metamórfico é assim designado devido à existência de unidades geológicas de distinta natureza e composição, instaladas e sobrepostas tectonicamente. Trata-se de uma sequência de rochas metamórficas de grande diversidade litológica com diferentes protólitos e que registam diferentes processos de metamorfismo. Essa diversidade litológica engloba rochas de natureza ofiolítica, sedimentar (pelíticas e carbonatadas) e rochas básicas, intrusivas a sub-intrusivas.

1.2. OBJETIVO

Os principais objetivos do trabalho englobam **a definição das paragénese metamórficas nas diferentes litologias; a caracterização das paragénese de alteração; a caracterização das microestruturas** e o estabelecimento da cronologia relativa dos processos, **metamórficos** e de **deformação** das rochas da costa norte de Timor no Complexo Metamórfico de Aileu, Timor Leste

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho tem como título **Estudo Petrográfico das rochas do Complexo Metamórfico de Aileu (costa norte de Timor Leste, entre Manatuto e Liquiça)**.

O trabalho está organizado em seis capítulos:

- Capítulo I – Apresentação do Trabalho;
- Capítulo II – Conceitos teóricos gerais
- Capítulo III – Enquadramento Geográfico e Geológico;
- Capítulo IV – Metodologia e Amostragem;
- Capítulo V– Descrição petrográfica e litológica, e as discussões dos resultados;
- Capítulo VI–Consideração finais.

No primeiro capítulo apresenta-se o trabalho, referindo o seu objetivo e a sua estrutura.

No segundo capítulo apresentam-se conceitos gerais, nomeadamente os referentes às das rochas metamórficas;

No terceiro capítulo apresenta-se o enquadramento geográfico e geológico da área onde se integra o complexo metamórfico de Aileu;

No quarto capítulo apresenta-se a metodologia usada, nomeadamente a referente ao trabalho de campo e recolha da amostragem;

No quinto capítulo, o capítulo principal deste trabalho, descreve-se o estudo litológico e petrográfico das amostras estudadas e faz-se a sua síntese e interpretação;

O último capítulo diz respeito às conclusões do estudo exposto nos capítulos anteriores.

CAPÍTULO II- CONCEITOS TEÓRICOS GERAIS SOBRE AS ROCHAS METAMÓRFICAS

Neste capítulo serão referidos os conceitos teóricos mais importantes referentes às rochas metamórficas, e que vão ser considerados nos capítulos seguintes.

2.1. Metamorfismo

De acordo com Carvalho (1997, p. 62), o metamorfismo é um dos processos geológicos com maior expressão ao nível da crosta continental, participando também, embora menos generalizada e intensamente, na evolução da crosta oceânica. As rochas metamórficas constituem, assim, um conjunto litológico da maior importância na arquitetura da crosta terrestre.

Segundo o SCMR (*Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*) metamorfismo é um processo no estado sólido implicando mudanças na mineralogia e/ou textura (microestrutura) e composição química de uma rocha.

2.1.1. Fatores de metamorfismo

Os parâmetros que são designados por fatores de metamorfismo apresentam-se a seguir:

A pressão litostática, sólida ou confinante (PI) – é a pressão exercida num ponto da crosta pelo peso das rochas sobrejacentes. Em que a $PI = pgh$; **p** é densidade das rochas sobrejacentes; **h** é profundidade e **g** aceleração de gravidade. Assim a pressão litostática é dependente da densidade dos materiais e profundidade. Este tipo de pressão causa rochas de aspeto não orientado e dúctil (Yardley, 1989, p. 15).

A tensão tectónica, pressão anisotrópica, deviatório ou dirigida – corresponde a uma situação em que uma rocha fica sujeita a força de origem tectónica, tal como situações de tração, compressão e cisalhamento.

Este tipo de pressão causa aspetos orientados de muitas rochas metamórficas, tais como foliação e xistosidade ou lineação. São disto exemplo exemplos os gnaisses, micaxistos, etc (Carvalho, 1997, p. 64).

A temperatura aumenta com a profundidade da terra. E é dependente do gradiente geotérmico locais. Também nos locais de intrusões magmáticas e movimentos tectónicos (deformação das rochas) podem submeter uma rocha a elevada temperatura.

O fator de temperatura é muito importante nos processos metamórficos porque a maioria das reações metamórficas são movidas por mudanças de T. (Exemplo o aumento de T favorece as reações químicas entre os minerais) (Yardley, 1989, p. 14).

Os fluidos são considerados com um dos fatores de metamorfismo/processos metamórfica por diferentes razões, tais como: (a) a mineralogia das rochas metamórficas é dependente de uma primeira ordem das pressões parciais dos fluidos, como PH_2O PCO_2 etc.; (b) os fluidos que migram através das rochas podem transportar o calor; (c) os fluidos podem atuar como agente de transferência de massa e alterar a composição da massa isotópica das rochas; (d) o transporte de fluidos é responsável por depósito de mineiro; (e) os fluidos que aprisionados em inclusões fluidas podem fornecer as informações sobre a condição de P e T de metamorfismo (Spear, 1995, p. 10).

O tempo é um fator muito importante, porque os processos metamórficos são extremamente lentos, na ordem das dezenas de milhões de anos (Carvalho, 1997, p. 65).

2.1.2. Tipos de metamorfismo

Os principais tipos de metamorfismo estão referidos na Fig. 2.1. Os processos metamórficos podem ser classificados com base em diferentes critérios, que serão apresentados seguidamente (Smulikowski, Desmons, & Fettes, 2007).

1. Quanto à **extensão no qual o metamorfismo ocorre**, podem ser considerados dois tipos:
 - A. **Metamorfismo local** é o tipo de metamorfismo que ocorre em áreas e volume de rocha limitados, nos quais o metamorfismo pode ser diretamente atribuindo a uma causa local, tais como intrusão magmáticas, falhas, impacto de meteoritos etc...

B. **Metamorfismo Regional** é o metamorfismo que ocorre em vasta área, ou seja afeta um largo volume de rochas e está associado com processos tectónicos de larga escala, tais como expansão de fundos oceânicos, espessamento crustal relacionado com colisão de placas em contexto orogénico, bacias subsidentes etc.

2. Quanto ao **contexto geológico** podem ser apresentadas 6 tipos de metamorfismo:

C. **Metamorfismo orogénico** - é um dos tipos de metamorfismo regional mais importante. Este tipo de metamorfismo está relacionado com o desenvolvimento de cadeias orogénicas, envolvendo arcos insulares (arcos de ilhas), em margens das placas convergentes. Nestes contextos os fatores metamórficos são a perturbação térmica, mudanças de pressão e tensão deviatória. São estes os fatores importantes neste tipo de metamorfismo.

D. **Metamorfismo de afundimento** - é o tipo de metamorfismo que ocorre sobretudo com caráter regional, na base de espessas sequências sedimentares ou vulcanossedimentares profundamente soterradas, depositadas em bacias subsidentes sem magmatismo e deformação associada. Na base, dessas sequências são atingidas condições de muito baixo grau de metamorfismo, com ajustamentos mineralógicos incipientes e em geral sem desenvolvimento de xistosidade. Por ausência quer de perturbação termal quer de atuação de tensão deviatória.

E. **Metamorfismo do fundo oceânico** - é um tipo de metamorfismo regional ou local relacionado com o gradiente geotérmico acentuado ocorrendo perto do centro de expansão em contextos de rift oceânico.

A recristalização é basicamente incompleta abrange uma ampla gama de temperatura. O metamorfismo é associado a circulação de fluidos aquosos quentes (com relação com metassomatismo) e tipicamente apresenta um aumento de temperatura do metamorfismo com a profundidade.

F. **Metamorfismo de contacto** - é o metamorfismo de extensão local que afeta as rochas encaixantes de um corpo magmático para o encaixante. O intervalo de temperatura do processo é muito variado e pode ou não ser acompanhado

por tensão deviatória, relacionada com a dinâmica da intrusão. Este tipo de metamorfismo gera rochas sem xistosidade e o calor é o fator dominante. Os exemplos das litologias geradas por metamorfismo de contacto são: corneanas, quartzitos, xistos mosqueados, etc.

G. **Metamorfismo cataclástico (dislocation)** - também é o metamorfismo de extensão local que ocorre associado a zona de falha e de cisalhamento. Geralmente nas rochas geradas ocorre a redução do tamanho do grão. Estas rochas são milonitos e cataclasitos.

H. **Metamorfismo de placa quente (*hot-slab*)** - trata-se de um metamorfismo local que ocorre na parte inferior de um corpo rochoso quente tectonicamente instalado.

3. Metamorfismo local gerado por **causa particular e específica**:

I. **Metamorfismo de impacto** - é um metamorfismo local causado pelo impacto de meteorito, incluindo com frequência fusão e vaporização das rochas na zona de impacto.

J. **Metamorfismo hidrotermal** - é um tipo de metamorfismo local causado por fluidos aquosos ricos em H₂O.

K. **Metamorfismo combustão**- é um tipo de metamorfismo de extensão local produzido pela combustão espontânea de substâncias que ocorrem naturalmente, tais como rochas betuminosas, carvão ou óleo.

L. **Metamorfismo *lightning***- é um tipo de metamorfismo de extensão local que é devido às descargas elétricas das trovoadas (***lightning***). As rochas resultantes são designadas *fulguritos*, e são rochas quase inteiramente vítreas.

4. Com base de resultante de um único processo ou de múltiplo processo:

M. **Monometamorfismo**- é um tipo de metamorfismo que resultou de um único evento metamórfico

N. **Polimetamorfismo**- resulta da sobreposição de mais um tipo de evento.

5. O último critério diz respeito ao processo metamórfico ser acompanhado por subida ou por descida de T, com relação direta com o **grau metamórfico** (ver seção seguinte).

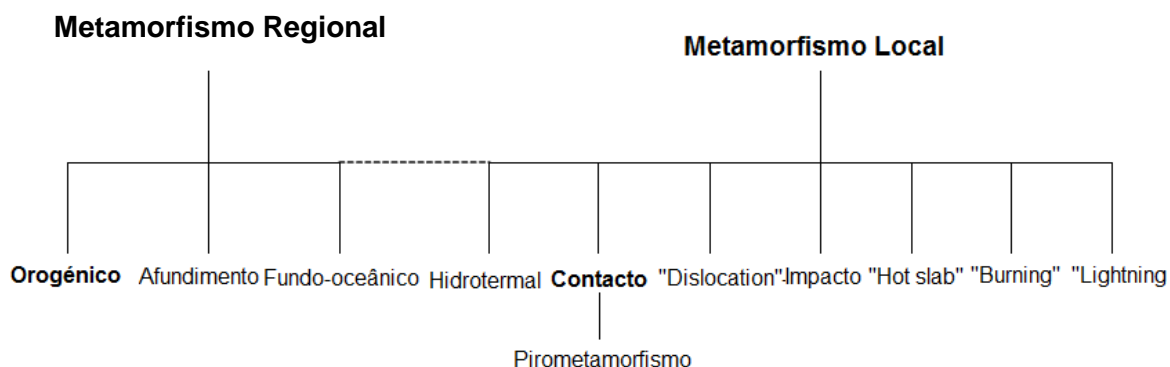


Figura 2. 1: Representação esquemática dos principais tipos de metamorfismo (SCMR).

2.1.3. Grau de metamorfismo

O termo grau de metamórfico é amplamente usado para indicar as condições relativas do metamorfismo. Dentro de uma determinada área metamórfica, o termo de baixo grau e alto grau têm sido utilizado para indicar a intensidade do metamorfismo, como relacionado com a condição de metamorfismo como o aumento da temperatura ou aumento da pressão ou ambos. Mas infelizmente, isto pode dar origem a ambiguidade.

Assim, o SCMR recomenda-nos para seguir as ideias dos autores como Winkler, 1974 e Myashiro, 1973 relataram que, o grau do metamorfismo deve referir-se apenas a temperatura de metamorfismo. Assim podemos dividir o grau de metamorfismo em 5 categorias, como, grau muito baixo; grau baixo; grau médio; grau alto; e grau muito alto (Fig. 2.2).

Com esta teoria podemos distinguir dois tipos de metamorfismo com base de aumento e diminui de temperatura, tais como (Smulikowski et al., 2007):

- O. **Metamorfismo prógrado (progressivo)** é um tipo de metamorfismo que dará origem a minerais estáveis a temperatura mais elevada do que na fase anterior.

- P. **Metamorfismo retrogrado (retrogressivo)** é um tipo de metamorfismo que dará origem a minerais estáveis em condições de temperatura inferior à da fase anterior.

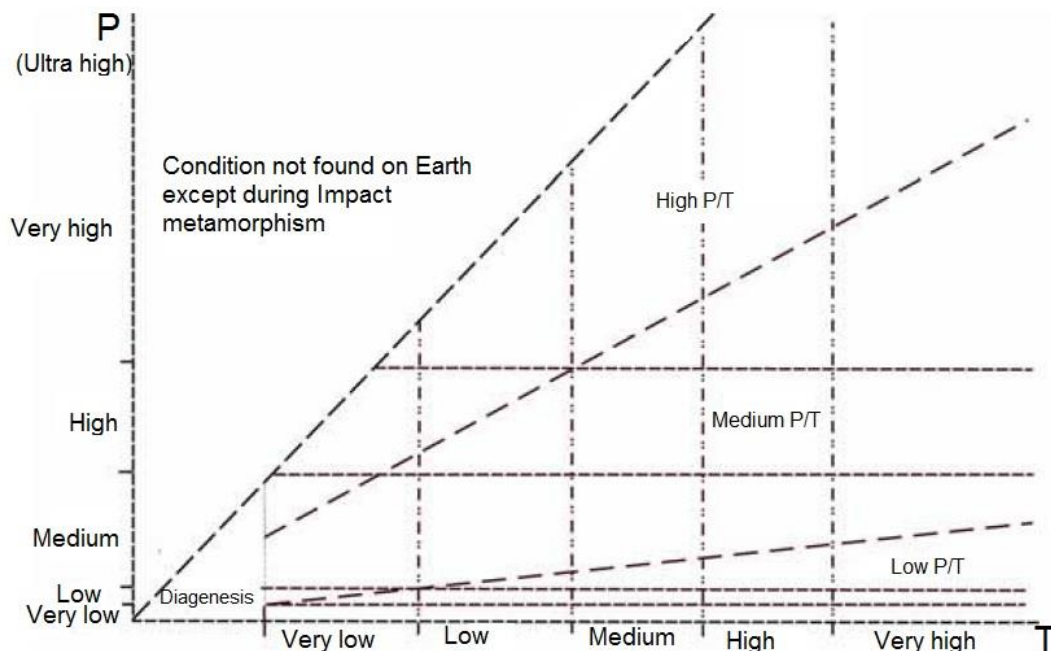


Figura 2. 2: Diagrama P-T do grau de metamorfismo.

2.1.4. Fácies do metamorfismo

O SCMR recomenda para seguir a classificação e definição da fácies metamórficas de Eskola (1915 e 1920) e de Turner (1981). Estes autores definiram fácies metamórfica como um conjunto de associação dos minerais metamórficos repetidamente associados no tempo e espaço, que mostra uma relação regular entre a composição mineralógica e composição química global da rocha, quando sujeita a determinadas condições metamórficas de pressão e temperatura (embora existam outras variáveis, tal como a PH_2O que também podem ter influência).

As principais fácies metamórficas estão apresentadas na Fig. 2.3 no diagrama P-T: **zeolíticas; sub-xisto verde; xistos verdes; anfibolitos com epidoto; anfibolitos; corneanas com piroxenas; sanidínicas; xistos com glaucofana ou xistos azuis; eclogítica e granulítica.**

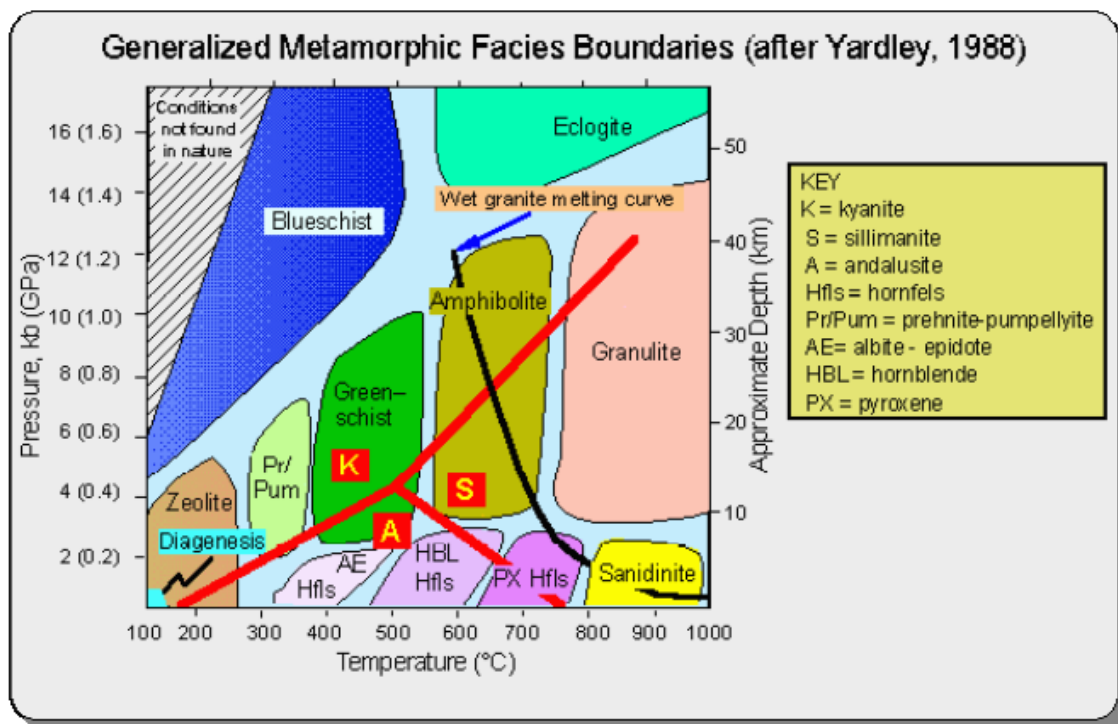


Figura 2. 3: Fácies metamórfica em função do diagrama de Pressão e Temperatura (adotado de Yardley, 1988 em em Ribeiro & Martins, 2004-2005).

2.2. Classificação e nomenclatura das rochas metamórficas

A classificação e nomenclatura das rochas metamórficas do presente trabalho são usadas a recomendação de SCMR (*“Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks”* nomeada pela IUGS -“International Union of Geological Sciences”).

O SCMR propõe-se uma classificação-nomenclatura das rochas metamórficas suportada em nomes ou termos comuns, que incluem nomes estruturais *“structural root names”* e nomes específicos *“Specific rocks names”* (Schmid, Fettes, Harte, Davis, & Desmons, 2007).

2.2.1. Classificação das rochas metamórficas por nomes estruturais

A classificação por **nomes estruturais** *“structural root names”* são:

1. **Xistos**- são as rochas que apresentam a estrutura marcada por xistosidade ou clivagens. São rochas anisotrópicas.

Ex: Xistos ardosíferos, filitos, micaxistos, etc (Fig. 2.4).



Figura 2. 4: Rochas exemplares dos Xistos (adotado de <http://geology.com/rocks/metamorphic-rocks.shtml>).

2. **Gnaisses**- são as rochas que apresentam a estrutura bandada (bandado composicional e/ou textural), em que as bandas mais claras intercaladas com as bandas mais escuras.

Ex: paragneisses e ortogneisses (Fig. 2.5).



Figura 2. 5: Amostra exemplar do Gnaisse.

3. **Rochas granulares “granofels”**-são as rochas que não têm qualquer tipo de foliação e lineação. Também são consideradas neste grupo as rochas monomineralicas, por manterem uma estrutura isotrópica, mesmo quando sujeitas a tensões dirigidas.

Ex: Corneana, mármore (calcite), quartzitos (quartzo), dunitos (olivina), etc (Fig. 2.6).



Figura 2. 6: Amostras exemplares das rochas Granulares (adotado de <http://geology.com/rocks/metamorphic-rocks.shtml>).

2.2.2. Classificação das rochas metamórficas por nomes específicos

Na classificação por **nomes específicos** “*Specific rocks names*” das rochas metamórficas, os principais tipos das rochas metamórficas são:

Anfibolitos- é uma rocha metamórfica constituída predominantemente por hornblenda e plagioclase, podendo apresentar ou não foliação. No primeiro caso poderá designar-se xistos anfibólicos ou anfibolítico. **A sua origem é uma rocha com médio a alto grau**, pode ser produzido por uma rocha ígnea básica

(basalto ou gabro) ou um grauvaque muito rico em plagioclase. Tipo de metamorfismo é **regional**.

Rocha calcossilicatadas- é uma rocha metamórfica constituído por menos de 50% de carbonatos, o normal menos de 5% essencialmente constituído por silicatos cálcicos. Os seus protólitos podem ser rochas carbonatadas com grande contribuição de material pelítico, grauvaque, etc.

Eclogito- é uma rocha metamórfica com cor verde ou vermelha, constituído por minerais de clinopiroxena e granada (onfacite e piropo) sem plagioclase e com uma textura granoblástica. A sua génese pode ser uma rocha basáltica. Tipo de metamorfismo é **regional**.

Granulito- é uma rocha metamórfica de alto grau, sem moscovite e apresenta normalmente plagioclase e ortopiroxena. Pode ser originado por uma rocha pelítica, máfica/básica ou quartzo feldspática. Tipo de metamorfismo é **regional**.

Xisto verde- Rocha metamórfica obrigatoriamente constituída por minerais de clorite, actinolite, epídoto e albite. A sua fonte pode ser uma rocha ígnea máfica ou grauvaques.

Corneana- é uma rocha metamórfica monomineralica com característica de granulação fino, aspeto compacto, textura maciça e ausência de xistosidade. Tipo de metamorfismo é **contacto**.

Mármore- é uma rocha constituída essencialmente por calcite ou dolomite. Pode ser produzida por uma rocha sedimentar carbonatada nomeadamente calcário ou dolomito. Tipo de metamorfismo é **contacto**.

Migmatito- é uma rocha que apresenta uma fusão local de material dando origem as bandas claras intercaladas com materiais escuros que representam resíduos de material não fundido.

Filito- é uma rocha metamórfica formada em condições de baixo grau de metamorfismo. Os minerais essenciais são micas e clorite, enquanto o quartzo e o feldspato são abundantes nesta rocha. A rocha tem originalidade de sedimentos pelíticos e formada na condição de pressão moderadamente baixa e temperatura baixa. Tipo de metamorfismo é **regional**.

Quartzito- é uma rocha metamórfica essencialmente constituída por quartzo, a sua fonte pode ser um arenito.

Serpentinito- rocha metamórfica de baixo grau composta essencialmente por serpentina. A sua origem é uma rocha ultramáfica.

Skarn- rocha metamórfica resultante de um metassomatismo de rocha carbonatadas juntamente com uma contribuição de sílica por metamorfismo de contacto, com mineralogia típica de silicatos cálcicas.

2.3. Caracterização estrutural e textural das rochas metamórficas

Na classificação estrutural e textural das rochas metamórficas são distinguidos nos seguintes termos:

2.3.1. Estruturas

Estrutura: é arranjo geométrico das partes de uma massa rochosa a diferentes escalas. A estrutura das rochas é considerada desde a micro-estrutura à mega estrutura (desde a escala de lâmina delgada à escala do afloramento).

Fabric: nas rochas metamórficas o termo *fabric* engloba a orientação relativa de todos os elementos de uma rocha. Assim, as foliações e lineações são elementos do *fabric*. O **fabric planar** refere-se a **foliações**, enquanto, o **fabric linear** se refere a **lineações**.

Foliação

A foliação é qualquer estrutura planar penetrativa num corpo rochoso. Pode ser as foliações primárias e as foliações secundárias.

As foliações primárias estão relacionadas com a génese da rocha inicial (protólito), onde, a estratificação (S_0) nas rochas sedimentar e o fluxo magmatismo nas rochas ígneas.

As foliações secundárias compreendem a foliação contínua e ou espaçada. A foliação contínua significa que os elementos do *fabric* são homogeneamente distribuídos. Também é conhecida como clivagem ardosífera. Enquanto isso, na foliação espaçada existem “*microlithons*” e podem verificar-

se diferentes relações entre os domínios de clivagens. A clivagem de crenulação é normalmente uma clivagem espaçada (Fig. 2.7).

“*Microlithons*” são níveis ou lentículas no interior dos quais os minerais apresentam fraca ou nenhuma orientação preferencial, e que são lateralmente limitados por domínios de clivagem bem marcada.

Lineação

As lineações podem ser: **lineação de intersecção**, resultante da intersecção de duas foliações, (ex: intersecção de S_0 e S_1); **lineação de crenulação**, definida pelas charneiras de micro-dobras, marcadas por planos de uma foliação anterior; e **lineação de estiramento**, definida por minerais ou agregados de minerais estirados.

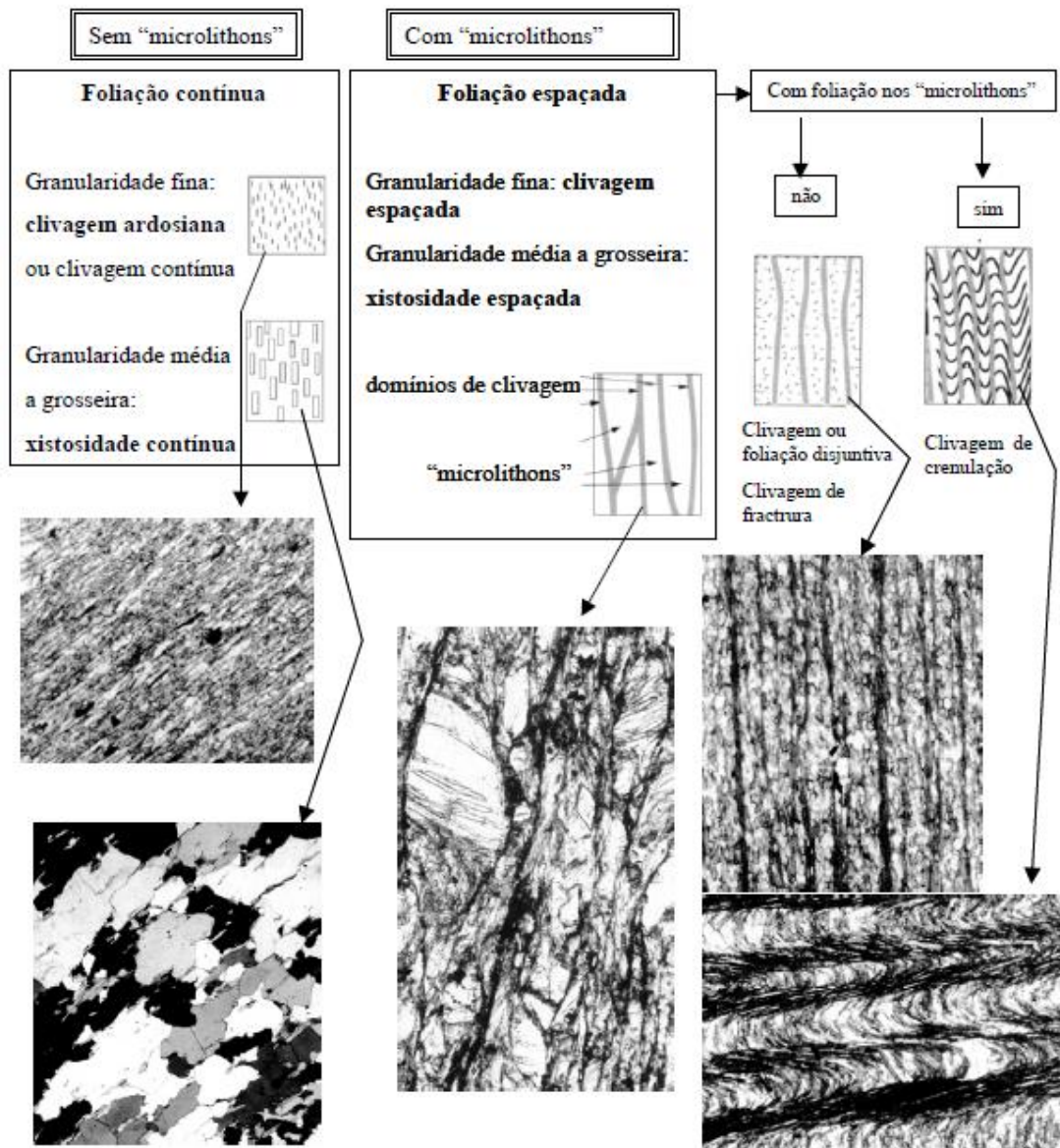


Figura 2. 7: Morfologia das foliações utilizando microscópio ótico (adotado de Powel, 1979 e Borradaile et al. 1982 em Ribeiro & Martins, 2004-2005).

2.3.2. Textura e microestrutura

A textura é a geometria, a dimensão e a inter-relação dos minerais e grãos constituintes.

Microestrutura é um termo usado para cobrir todos os aspetos de inter-relação entre os arranjos na escala microscópica (ex: entre os grupos ou agregados de cristais da rocha, tais como: dobras, bandados composicionais, foliações, orientação preferencial dos eixos cristalográficos ou de grãos dos minerais).

Assim, podemos dizer que, a textura é o sinónimo da microestrutura. Apresentam-se a seguir os principais tipos de texturas das rochas metamórficas (Bard, 1986):

A. Texturas metamórficas marcadas por blasteses (Fig. 2.8):

As rochas metamórficas possuem exclusivamente **textura cristaloblástica**.

Nas texturas cristaloblásticas distingue-se ainda 4 tipos de morfológicos:

- **Texturas granoblásticas** - são as texturas que caracterizado por grãos mais ou menos equidimensionais e sem orientação mineralógica preferencial;
- **Texturas lepidoblásticas** são caracterizadas pelo predomínio de minerais lamelares com orientação preferencial, ou em escamas, como, por exemplo as micas;
- **Texturas nematoblásticas** são caracterizadas pela preponderância de minerais tabulares, aciculares e fibrosos com orientação preferencial, como as anfíbolas;
- **Texturas porfiroblásticas** são as texturas que apresentam sempre porfiroblastos.
- **Grano-lepidoblásticas, Grano-nematoblasticas, Grano-porfiroblasticas**
- **Em feixe, em roseta, nodular, vermicular, coronítica, ocelar ou ocelada.**

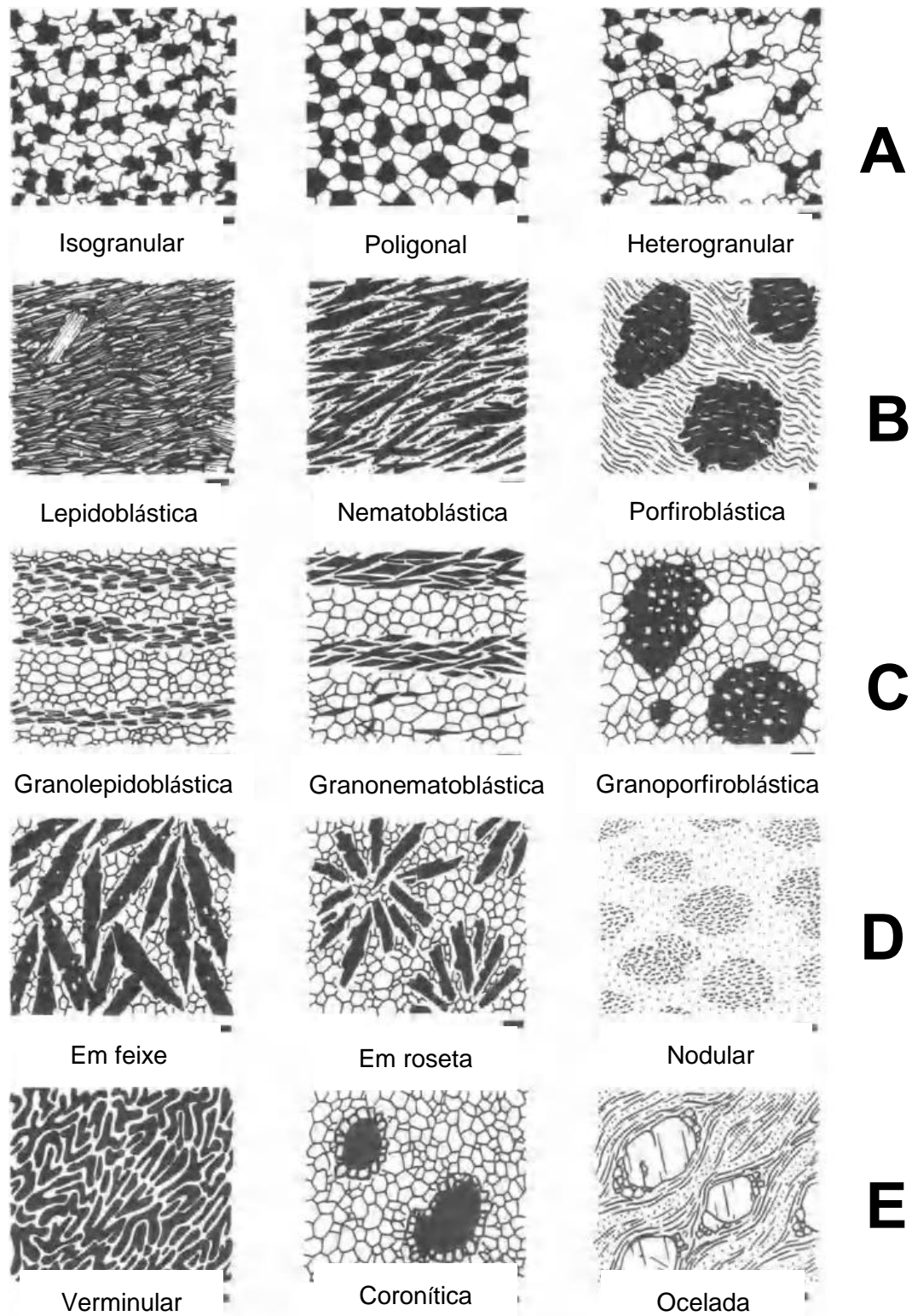


Figura 2. 8: Texturas metamórficas marcadas por blastese. A) Textura Granoblastica (sem orientação mineralógica preferencial); B), D),E) Texturas dependentes do hábito dos minerais (orientada ou não orientada); C) Combinação de A+B; D) Textura em feixe, roseta e nodular; E) Textura em verminular, coronítica e ocelada; (adotado de Bard, 1986).

B. Texturas dos tectonitos

Os principais tipos das texturas dos tectonitos são apresentados na Fig. 2.9. Este tipo de texturas pode apresentar ou não foliação (Bard, 1986).

➤ Texturas sem foliação

- Cataclástica: é a textura com maioria de clastos de diâmetro médio a elevado.
- Protoclástico: é a textura de rochas meta-ígneas, com minerais fraturados, deformados ou subgranulados envolvidos numa matriz constituída pelos últimos minerais que cristalizaram a partir do magma.

➤ Texturas orientadas (típica de milonitos)

- Protomilonítica: apresenta uma grande percentagem de clastos, entre 50 até 90%, inclusos numa matriz de grão fino;
- Milonítica ocelada: apresenta entre 10 a 15% de ocelos policristalinos com diâmetro superior a 0,2mm, em torno da qual se adapta uma matriz de grão fino bandada ou orientada; os ocelos representam clastos;
- Ultramilonítica: apresenta entre 1 a 10% de porfiroclastos de diâmetro inferior a 0,2mm, numa matriz de granularidade fina foliada ou bandada;
- Blastomilonítica: apresenta entre 5 a 30% de porfiroclastos mais ou menos recrystalizados.

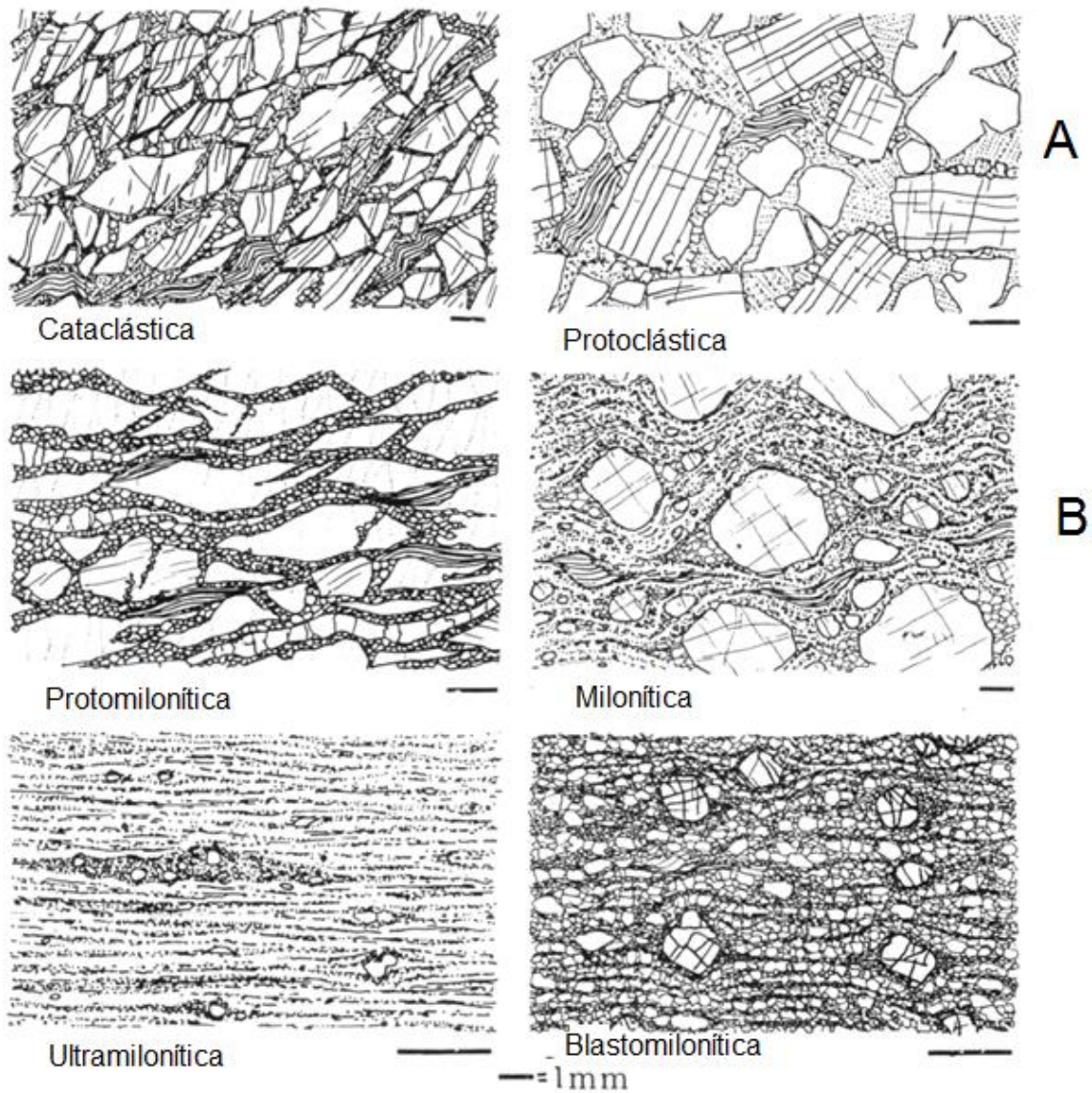


Figura 2. 9: Textura dos tectonitos, A) Textura sem foliação; B) Textura com foliação (orientada) adotado de Bard, 1986.

C. Texturas das rochas de origem mantélica

Nas texturas das rochas mantélicas são distinguidos os seguintes tipos (Fig. 2.10):

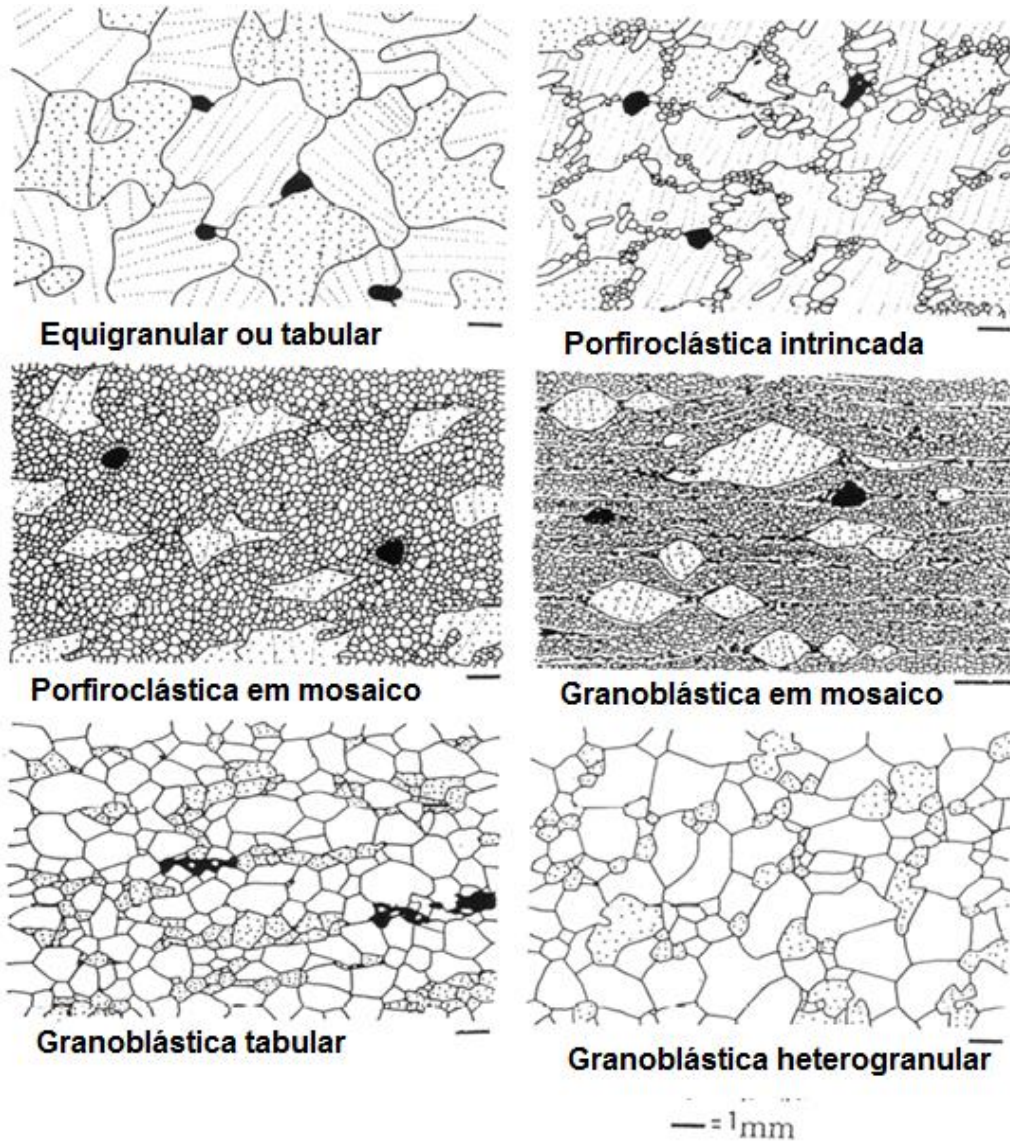


Figura 2. 10: Texturas das rochas de origem mantélica, (adotado de Bard, 1986).

2.3.3. Relações cronológicas entre as blastese e a deformação

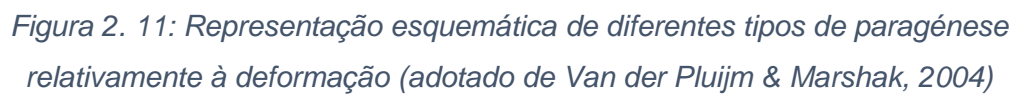
A definição das relações cronológicas entre as blastese e a deformação é essencial na caracterização do contexto geotectónico que condiciona a evolução metamórfica e é particularmente importante quando as texturas têm carácter **porfiroblástico**.

A blastese metamórfica pode ser ou não acompanhada por deformação. Apresentam-se a seguir diferentes tipos de paragénese quanto á sua cronologia relativa á deformação (Fig. 2.11):

- **Paragénese ante-cinemática:** o crescimento de mineral ocorre antes da deformação.
- **Paragénese sin-cinemática:** o crescimento de mineral ocorre durante a deformação.
- **Paragénese pós-cinemática:** o crescimento de mineral ocorre após a deformação.

Por vezes, os cristais alongados que marcam uma foliação podem ter crescidos depois da fase de deformação responsável pela geração dessa foliação. Este processo designa-se por blastese mimética e pode ocorrer de diferentes modos:

- Substituição do mineral que define ou marca a foliação, posteriormente à deformação;
- Blastese de novo mineral sobre um fabric orientado, frequente quando a biotite sobre blastese sobre um fabric de muscovite orientada;
- Alguns minerais podem desenvolver-se preferencialmente em bandas de determinada composição, frequente em andaluzite, cordierite e estaurolite em bandas pelíticas (Fig. 2.12).



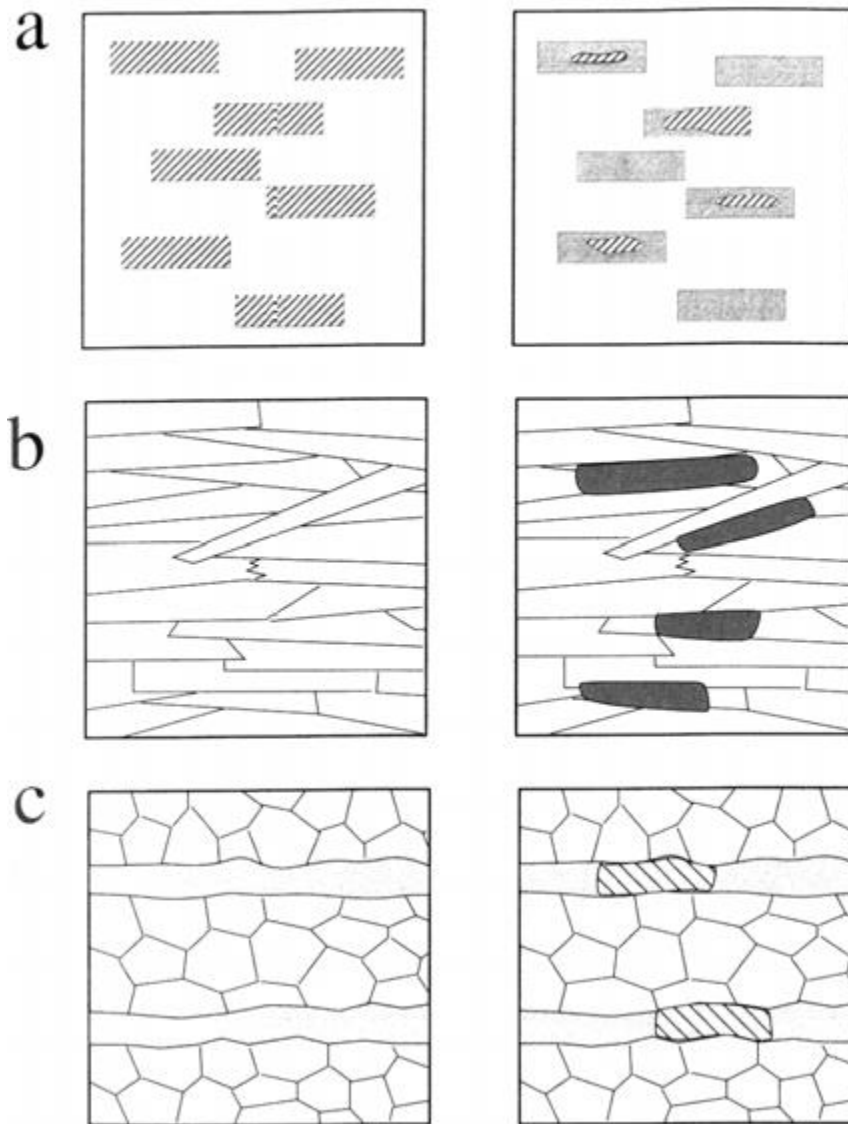


Figura 2. 12: Representação esquemática de blastese mimética.

2.4. Principais tipos de protólito das rochas metamórficas

As rochas metamórficas são resultantes de rochas preexistentes devido os agentes de metamorfismo (fatores de metamorfismo: pressão, T, fluidos, etc).

O termo protólito designa a rocha original, prévia ao processo metamórfico. Se o protólito é facilmente reconhecível utiliza-se o prefixo **meta-** na designação da rocha metamórfica (ex: **meta**-basalto, **meta**-granito, **meta**-arcose). Enquanto não é facilmente identificado, mas a origem é ígnea, então utiliza-se o **orto-** na designação da rocha (ex: **ortognaisse**). Se a origem é sedimentar então na designação da rocha usa-se **para-** (ex: **paragnaisse**). Na **tabela 1** está apresentada a composição química de protólitos, ígneos e sedimentares, das rochas metamórficas.

Tabela 1: composição química do protólito das rochas metamórficas de origem ígnea e sedimentar.

Table 2.3 Chemical composition of sedimentary and igneous rocks (After Carmichael 1989)

	Sandstones, graywackes	Shales (platforms)	Pelites, pelagic clays	Carbonates (platforms)	Tonalite	Granite	Basalt MORB
SiO ₂	70.0	50.7	54.9	8.2	61.52	70.11	49.2
TiO ₂	0.58	0.78	0.78	—	0.73	0.42	2.03
Al ₂ O ₃	8.2	15.1	16.6	2.2	16.48	14.11	16.09
Fe ₂ O ₃	0.5	4.4	7.7	1.0	—	1.14	2.72
FeO	1.5	2.1	2.0	0.68	5.6	2.62	7.77
MgO	0.9	3.3	3.4	7.7	2.8	0.24	6.44
CaO	4.3	7.2	0.72	40.5	5.42	1.66	10.46
Na ₂ O	0.58	0.8	1.3	—	3.63	3.03	3.01
K ₂ O	2.1	3.5	2.7	—	2.1	6.02	0.14
H ₂ O	3.0	5.0	9.2	—	1.2	0.23	0.70
CO ₂	3.9	6.1	—	35.5	0.1		
C	0.26	0.67	—	0.23			

Em termos composicionais, existem cinco tipos de protólitos (Bucher & Grapes, 2011):

Rochas pelíticas - são as rochas sedimentares essencialmente formadas por siltes e argilas pelágicas (argilas pobres em Ca). As rochas metamórficas resultantes destes protólitos podem ser xistos pelíticos, filitos, micaxistos, granulitos e paragnaisses. A sequência das rochas metamórficas pelíticas desde o baixo grau (baixa temperatura) até ao alto grau (alta temperatura), engloba: **xisto** com clorite e cianite, **micaxisto** com estauroлите e granada, **micaxisto** com

granada e cloritóide, **xisto** com cianite e estaurolite, **gnaisse** com biotite, cordierite e granada, **gnaisse** com silimanite e biotite, e **granulito** com ortopiroxena e granada.

Rochas quartzo-feldspáticas - podem ser de origem ígnea (granitoides: granitos, sienitos e tonalitos) ou de origem sedimentar (arcósicos, arenitos e grauvaques) e são principalmente constituídas por quartzo e feldspatos.

Rochas carbonatadas - são as rochas sedimentar essencialmente constituída por carbonatos de cálcio (calcário) e dolomite (dolomito). Os seus equivalentes metamórficos são mármore.

Rochas básicas - são resultantes de rochas magmáticas ricas em minerais ferromagnesianos ou máficos, nomeadamente gabros, doleritos e basaltos.

Rochas ultrabásicas - são as rochas magmáticas exclusivamente formadas por minerais máficos, corresponde as rochas melanocratas. Normalmente são rochas de natureza e de origem mantélicas (rochas peridotíticas). Essas rochas tem menos de 43% de sílica, e são exemplo o peridotito, o dunito e o kimberlito.

CAPITULO III- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

3.1. Localização Geográfica

A ilha de Timor Leste localiza-se no sudeste Asiático, a sul da Indonésia e a norte da Austrália (Fig. 3.1). Faz fronteira marítima com Austrália e terrestre com Indonésia. Atualmente a Ilha de timor tem 13 municípios, como: Lautém, Baucau, Viqueque, Manatuto, Díli, Liquiça, Aileu, Ainaro, Covalima, Bobonaro, Ermera, Manufahi e Oecussi. Também faz parte do território nacional de Timor Leste o enclave de Oécussi sito na costa norte do território da Indonésia, que em conjunto com a parte oriental da ilha de Timor e com a ilha de Ataúro e o ilhéu de Jaco, constituem o território de Timor Leste.

As Coordenadas Geográficas da Ilha de Timor Leste têm 8°17' até 10°22' de latitude sul e 123°25' até 127°19' de longitude este. Timor Leste pertence ao arco meridional, só esporadicamente vulcânico, das ilhas da Pequena Sonda que são o prolongamento próximo da Austrália, do Arquipélago Malaio que se ramifica depois pelas Molucas e é adjacente à Nova Guiné (Cinatti, Almeida, & Mendes, 1987) (Fig. 3.2).

As amostras que foram estudadas nesta dissertação foram recolhidas na costa norte entre distrito/município Manatuto e Liquiça, Timor Leste, numa área que inclui a capital do país que é Díli (Fig. 3.3). As amostras estudadas foram recolhidas predominantemente na linha de costa e consequentemente. Em termos topográficos os locais amostrados tem elevação entre 0 m e 246 m.



Figura 3. 1: Contextualização geográfica de Timor Leste, no sudoeste Asiático (adotado de <http://www.mapas-asia.com/sudeste-politico.htm> no dia 14/10/2016).



Figura 3. 2: Contextualização por menor da geografia de Timor Leste (adotado de <http://www.mapa-del-mundo.es/pais/timor-oriental/> no dia 15/11/2016).



Figura 3. 3: Localização geográfica da amostragem realizada (sobre imagem GE, 2016).

3.2. Enquadramento Geológico

A ilha de Timor localiza-se a sul do arco insular de banda, no SE de Indonésia, e resulta de um processo orogénico de uma colisão arco-continental com a placa continental Australiana. Trata-se de uma região tectonicamente ativa no limite convergente entre a placa Euroasiática e a placa Australiana (Fig. 3.4) (Audley-Charles, 2004).

Tratando-se de uma região tectonicamente ativa, a geologia de Timor Leste apresenta unidades instaladas e sobrepostas tectonicamente. Engloba unidades litoestratigrafias alóctones, parautoctones e autóctones (Fig. 3.5). As primeiras são datadas do Pérmico ao Cretácico Superior, representam unidades de placa Asiática e instalaram-se tectonicamente no Miocénico, sobre as unidades parautoctones e autóctone. Estas apresentam litologias datadas do Pérmico à atualidade (Prasetvaa'r & Harris, 1995), (Carvalho & Lisboa, 2003), (Monteiro & Pinto, 2003).

Fazem parte das unidades alóctones as seguintes formações: Complexo de Lolotoi, Complexo metamórfico de Aileu, Formação de Maubesi e Complexo argiloso de Bobonaro (Fig. 3.6).

Fazem parte das unidades parautoctone e autóctone: Formação de Atahoc, Formação de Cribas, Formação de Aituto, Formação de Wailuli, Calcário de Cablaque, Formação de Viqueque, Calcário de Baucau e os depósitos fluviais recentes (Fig. 3.6).

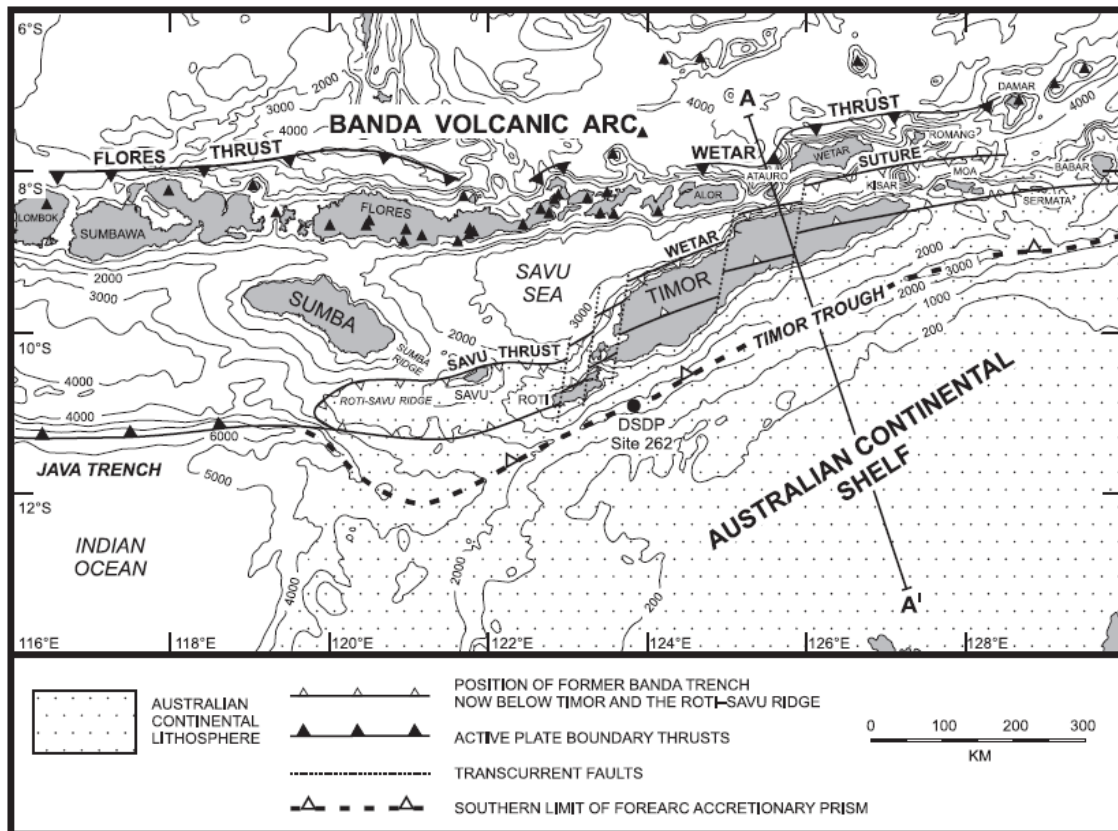


Figura 3. 4: Contexto geotectónico atual de Timor Leste (adotado de Audley-charles, 2004).

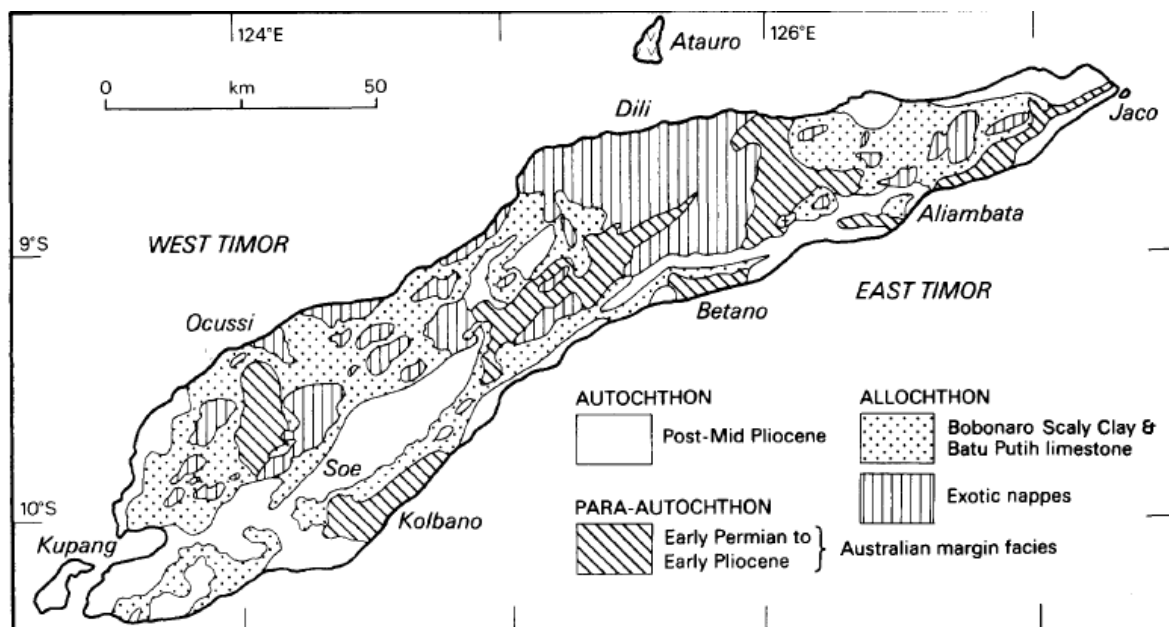


Figura 3. 5: Esboço geológico de Parautoctone, Autóctone e Alóctone em Timor Leste (adotado de Audley-Charles, 1986).

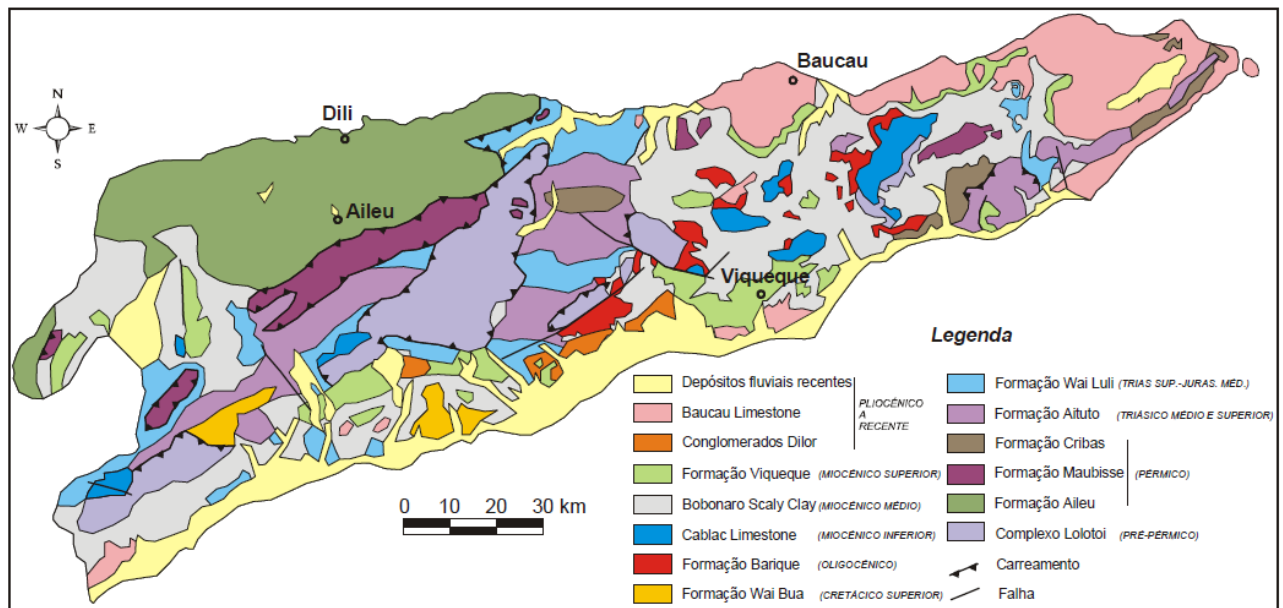


Figura 3. 6: Contextualização das formações geológicas de Timor Leste na Carta geológica simplificada de Timor Leste com escala 1:250.000 (adotado de Audley-Charles, 1968) em (Carvalho & Lisboa, 2003).

3.2.1. Unidades litoestratigráficas e/ou tectonoestratigráficas

Embora Timor esteja englobado num arco insular essencialmente vulcânico, esta ilha apresenta a particularidade de ser essencialmente constituída por rochas sedimentares e metamórficas (metassedimentares e metaígneas) originadas na plataforma continental Australiana (Nogueira, 2012).

Apesar de uma história geológica tectonicamente complexa a geologia de Timor apresenta uma sequência de rochas que se agrupam em quatro conjuntos (Fig. 3.7) (Nogueira, 2012):

- ❖ As rochas do complexo de Aileu de natureza metamórfica;
- ❖ A sequência de rochas com origem no continente Gondwana, de origem sedimentar;
- ❖ A sequência de rochas com origem no terreno de banda, de origem metamórfica e ígnea;
- ❖ A sequência de rochas pós-tectónicas do grupo de Viqueque, de origem sedimentar.

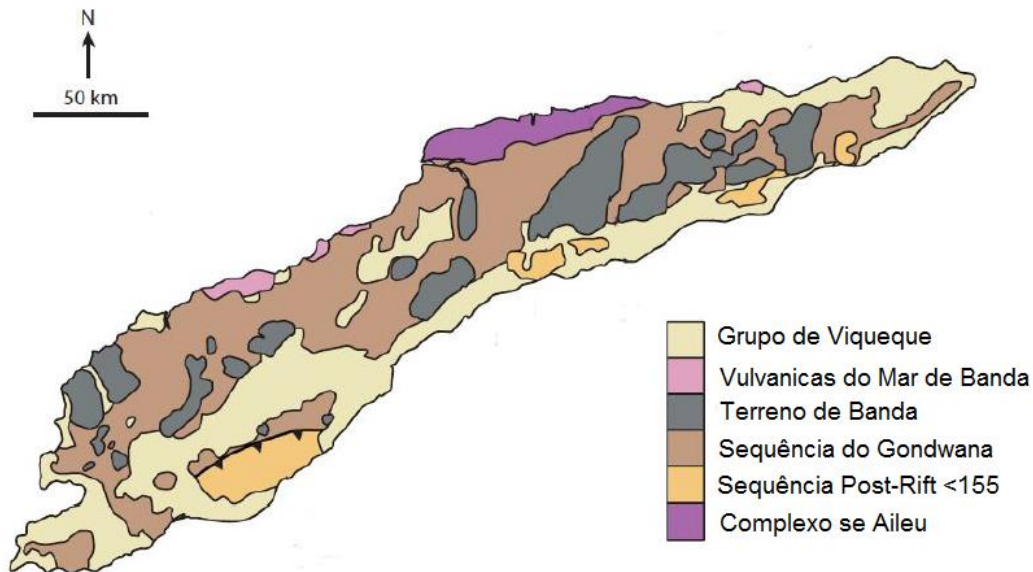


Figura 3. 7: Principais unidades tectonoestratigráficas da Ilha de Timor Leste (in Nogueira, 2012) adotado de (Audley-Charles, 2011).

As informações gerais das formações Geológicas de Timor Leste

A **Formação de Complexo de Lolotoe** é a formação mais antiga na ilha de Timor. Trata-se de uma formação de idade ante pérmica ou pré Pérmico, essencialmente constituída por rochas de natureza sedimentar e ígnea (Carvalho & Lisboa, 2003).

No **Pérmico** foram consideradas três grandes formações: **Formação de Maubesi**, **Formação de Atahoc** e **Formação de Cribas**. Também foi considerado o **Complexo Metamórfico de Aileu**, aflorante na costa norte de Timor Leste cujos protólitos têm idade pérmica (Charlton et al., 2002).

A **Formação de Maubesi** é composta predominantemente por carbonatos marinhos de baixa profundidade (rasa) e vulcanitos básicos. As litologias que o constituem são: calcários e xisto calcário, basaltos e rochas vulcanoclásticas (Charlton et al., 2002).

Conforme **Audley- Charles (1968)**, a **Formação de Atahoc** encontra-se dentro de Formação de Cribas, aflorante no centro de Timor Leste. E é parte inferior da Série de Cribas. A Formação de Cribas materializa um anticlinal.

Esta formação é composta predominantemente por uma sequência siliciclástica, com rochas vulcânicas e vulcanoclásticas subordinadas,

depositadas em águas mais profundas (Charlton et al., 2002). Assim esta formação é essencialmente constituída por xistos com alguns arenitos de grãos finos e rochas vulcânicas (Spencer et al., 2015). Na parte inferior da formação, as litologias são mais duras, não fossilizadas, maciças, predominando arenitos com algumas intercalações finas de xistos negros. Na parte superior predominam os siltitos, com alguns calcários, nódulos de argilas-ironstone, e algumas camadas finas de calcários. Os calcários são beges, cinzas e vermelhos, e são fossilíferos. Existem na formação detritos de crinoides, trilobites raras, cefalópodes, corais e briozoários (Charlton et al., 2002).

A Formação de Cribas é parte superior da formação de Atahoc e sobrepõe-se às formações referidas. Também é composta predominantemente por uma sequência siliciclástica, com rochas vulcânicas e vulcanoclásticas subordinadas, depositadas em águas mais profundas, de modo idêntico à Formação de Atahoc. A parte inferior da formação é constituída por xistos ricos em matéria orgânica e na parte superior existem intercalações de camadas de arenitos maciços. Trata-se de uma sequência de idade pérmica superior por ocorrências de bivalves nomeadamente *Atomodesma* (Charlton et al., 2002).

O **Complexo Metamórfico de Aileu** ocupa grande área de Timor Leste (Audley-Charles, 1968). Ver a secção (3.2.2).

A Formação de Niof é da idade Triásica inferior a média. Esta formação é reconhecida em Timor Ocidental e pode compreender a parte superior da Formação de Cribas em Timor Leste. Compreende intercalações de camadas de argilito fino, xisto (castanho, negro e cinzento) e arenitos. Bird e Cook (1991) interpretaram a deposição da Formação de Niof como sendo turbiditos em águas rasas evoluindo para águas mais profundas. A parte superior da Formação Niof está intercalada com a formação de Aitutu ((Sawyer et al., 1993) in Spencer et al., 2015).

A Formação de Aituto é do Triássico Médio a Triássico Superior. Esta Formação é a unidade mais distintiva da sequência do Gondwana. Tem ritmicidade de camadas de calcário branco a rosa, com intercalações de xistos cinzento a negro, muito finos. Esta formação foi depositada sobre uma

plataforma marinha externa, em mar aberto (Sawyer et al., 1993) in Spencer et al., 2015).

A Formação de Babulu, do Triássico Superior, só é reconhecida no centro de Timor (Gianni, 1971; Bird and Cook, 1991) e Savu (Vorkink, 2004). Esta formação pode compreender a base da Formação de Wailuli. Essa formação é constituída por arenitos, xistos e argilitos com algumas camadas de arenito maciço. A deposição desta unidade provavelmente ocorreu em contexto proximal, perto da costa, no bordo da plataforma (Sawyer et al., 1993), através de correntes de turbidez de um delta progradante (Bird e Cook, 1991).

A Formação de Wailuli é do final de Triássico ao Jurássico. Esta formação apresenta uma sução de argilitos, principalmente ricos em *esmeectite*, com algumas camadas de margas, *calcilutitos*, xistos micáceos e arenitos. Para o topo da formação existem conglomerados e xistos vermelhos (Audley-Charles, 1968).

O calcário de Cablaque é datado do Miocénico Inferior. Afloramento sob a forma de altos-relevos escarpados. Tem espessura aproximadamente 500m, sendo constituído unicamente por calcário de natureza diversa, desde oolítico a micríticos e brechóides. Apresentam aspeto maciço muito rijo e bancadas muito espessas. A cor é geralmente clara, amarelada a rosada (Carvalho & Lisboa, 2003).

A Formação Complexo Argiloso de Bobonaro formou-se no Miocénico Médio, constituindo uma “melange” tectónica. É essencialmente constituída por matriz de natureza argilosa que engloba uma grande variedade de blocos exóticos sub-angulares de dimensão muito variável (Carvalho & Lisboa, 2003).

A Formação de Viqueque é de idade Miocénico Superior até Pleistocénico. É constituída por rochas margosas e argilitos de cores muito claras que para o topo tendem a adquirir uma componente siltosa e arenosa (Carvalho & Lisboa, 2003) e (Monteiro & Pinto, 2003).

O calcário de Baucau é da idade Quaternária, constituída basicamente por calcários recifais e calcário de cor branca (Monteiro & Pinto, 2003).

Os depósitos fluviais recentes são principalmente constituídos por depósitos areno-conglomeráticos, clastos líticos e quartzo (Carvalho & Lisboa, 2003).

3.2.2. Litoestratigrafia da área de estudo- Complexo Metamórfico de Aileu

O complexo Metamórfico de Aileu localiza-se na parte norte da ilha de Timor e ocupa grande área de Timor Leste, na parte norte do território (Audley-Charles, 1968; Azeredo Leme, 1968) (Fig. 3.6).

Este complexo resulta de protólitos de idade Pérmico -Triássica e também possivelmente do Jurássico. Engloba litologias pelito-psamíticas, calcários, basaltos, riolitos, tufo vulcânicos, e rochas intrusivas básicas (gabro e diorito). Estas unidades estão metamorfizadas em xistos pelíticos e filitos, gnaiss, mármore e anfibolitos (Fig. 3.8) em condições metamórficas que variam entre a fácies dos xistos verdes zona de clorite e topo de fácies anfibolítica, segundo Berry & Grady (1981) em (Spencer et al., 2015).

As unidades do complexo metamórfico de Aileu, aflorantes na costa norte de Timor Leste (entre o distrito Manatuto até Liquiça), são resultantes de protólitos de idade Pérmica, nomeadamente carbonatos da Formação de Maubisse e sedimentos siliclásticos das Formações de Atahoc e Cribas (Charlton et al., 2002).

O complexo metamórfico de Aileu tem idade Pérmica confirmada pelo seu registo fóssil. Os vestígios são crinóides, e outros fósseis nomeadamente, gastrópode e nautilóides (Berry, 1979).

Na área trabalhada (costa norte de Timor) estão bem representadas as seguintes litologias: quartzitos, psamitos, xistos pelíticos, calco-xistos, mármore, anfibolitos e rochas ultrabásicas (Charlton et al., 2002).

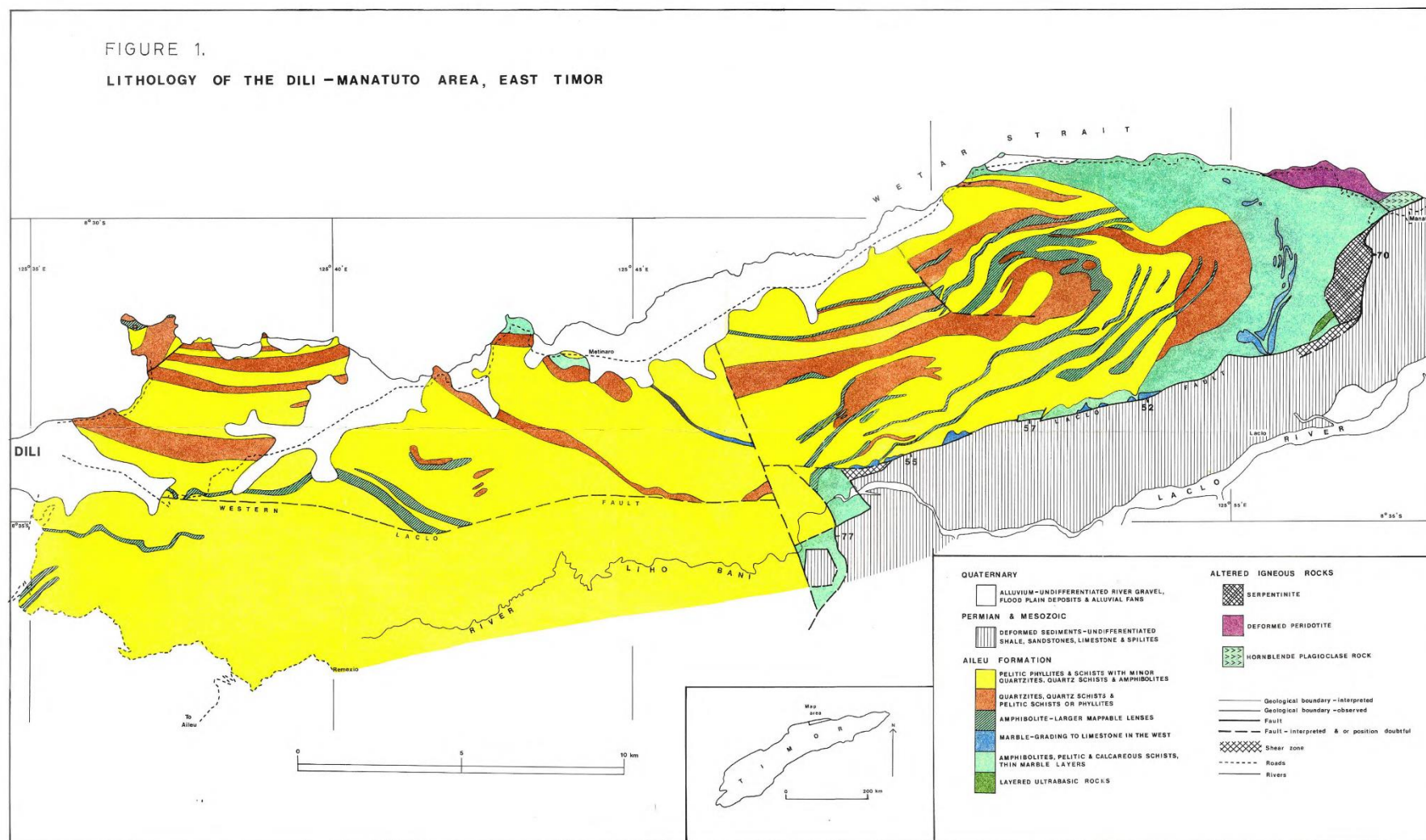


Figura 3. 8: Esboço das litologias existentes no Complexo Metamórfico de Aileu (adotado de Berry, 1979).

3.2.3. Estrutura e metamorfismo

As unidades litológicas da Formação de Aileu foram deformadas e metamorfizadas durante os processos de rifting no período Mesozoico e por colisão de arco continental no período de Neogénico. Na parte norte do complexo, a colisão foi associada a encurtamento com movimento de topo para norte, a norte, e encurtamento com topo para sul, na parte sul de Aileu.

As rochas do Complexo Metamórfico de Aileu indicam uma história polifásica de deformação dúctil e frágil. O complexo apresenta diversas litologias: pelitos, psamítos, calcário e rochas básicas intrusivas. As estruturas dúcteis englobam foliações, clivagens e dobras, enquanto as estruturas frágeis são representadas por falhas, filonetes e fraturas. Estas estruturas testemunham que, a Formação de Aileu sofreu pelo menos três fases de deformação (Berry, 1979).

No presente estudo serão consideradas apenas duas fases de deformação, a D₁ e D₂. As outras deformações não foram reconhecidas na área de estudo.

Deformação₁ (D₁) é desenvolvida durante o processo de rifting, no Mesozoico, na margem NW da Austrália. As rochas básicas, intrusivas e sub-intrusivas que ocorrem na costa norte podem estar relacionadas com este processo de *rifting*.

A deformação D₁ tem associada a foliação S₁, do tipo clivagem. Esta fase é interpretada como extensiva e geradora de foliação (S₁), paralela à estratificação (S₀), sem reconhecimento de dobras associadas.

A fase D₂ marca o principal evento da colisão do arco continental no período Neogénico. Esta deformação produz uma clivagem penetrativa (S₂), associada a dobras isoclinais e dobras deitadas, à escala micro e mesoscópica.

No norte, S₂ é sub-paralela a S₁ e as dobras (F₂) mergulham suavemente para NNE.

A formação de Aileu apresenta dois contactos internos, estratigráficos e tectónicos. Na parte mais a sul é transicional com a Formação de Maubisse.

As condições de metamorfismo variam entre a fácies dos xistos verdes, na parte sul do complexo, até fácies anfibolítica ao longo da costa norte. Na Fig. 3.9 está representada a zonalidade metamórfica do complexo (Berry, 1979). O pico metamórfico terá sido ante D₂ porque este evento causou retro-metamorfismo.

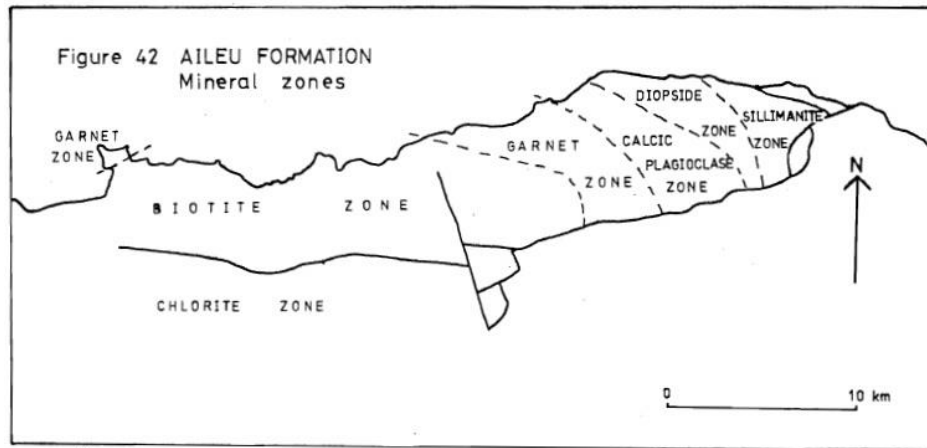


Figura 3. 9: Zonas de Minerais na Formação de Aileu (adotado de Berry, 1979).

CAPITULO IV - METODOLOGIA E AMOSTRAGEM

4.1. Trabalho de campo

O trabalho de campo efetuado durante os meses de julho e agosto de 2016, teve como principal objetivo uma breve caracterização litológica e estrutural dos afloramentos e a recolha da amostragem. Esta recolha foi precedida de consulta bibliográfica com o objetivo de reunir as informações de carácter científico, didático e administrativo.

Como, ainda não estão disponíveis as cartas geológicas detalhadas sobre a zona de estudo, então foi utilizando o Google Earth (**GE**) para facilitar as localizações das amostras.

As coordenadas dos pontos onde foi efetuada a amostragem foram previamente indicadas pelo **Professor Pedro Nogueira**.

Os materiais ou equipamento que foram usadas são: livro do campo; bússola; martelo; saco de embalagem; marcador; GPS, e máquina fotográfica (Fig. 4.1).



Figura 4. 1: A) Marcador; B) Saco de embalagem; C) Martelo; D) Máquina fotográfica; E) GPS; F) Bússola.

4.2. Amostragem

A recolha das amostras das rochas foi realizada em Timor Leste, na costa norte entre distrito/município Manatuto e Liquiça, Timor Leste, numa área que inclui a capital do país, que é Díli (Fig. 4.2). Geologicamente, situa-se no complexo metamórfico de Aileu. Os dados litológicos e estruturais recolhidos, as coordenadas dos pontos de amostragem, assim como as atitudes das estruturas recolhidas estão apresentadas na Tab. 4.1.

As amostras foram divididas em 13 pontos durante o processo de recolha. A maior parte dos pontos observados correspondem à base dos taludes que foram cortadas durante a abertura das estradas.

As amostras foram recolhidas em sacos devidamente identificados. Esta identificação foi realizada seguindo as indicações sugeridos por Coe et al, 2010. Assim, as amostras foram referenciadas da seguinte forma: DS α n, onde DS é o primeiro nome e apelido do autor (DS-Dioclesia Sávio), n é o número das amostras e α é a letra que indica o afloramento. Na figura 4.3 mostra-se um dos exemplos de recolha da amostra 1 e 2 do afloramento E.

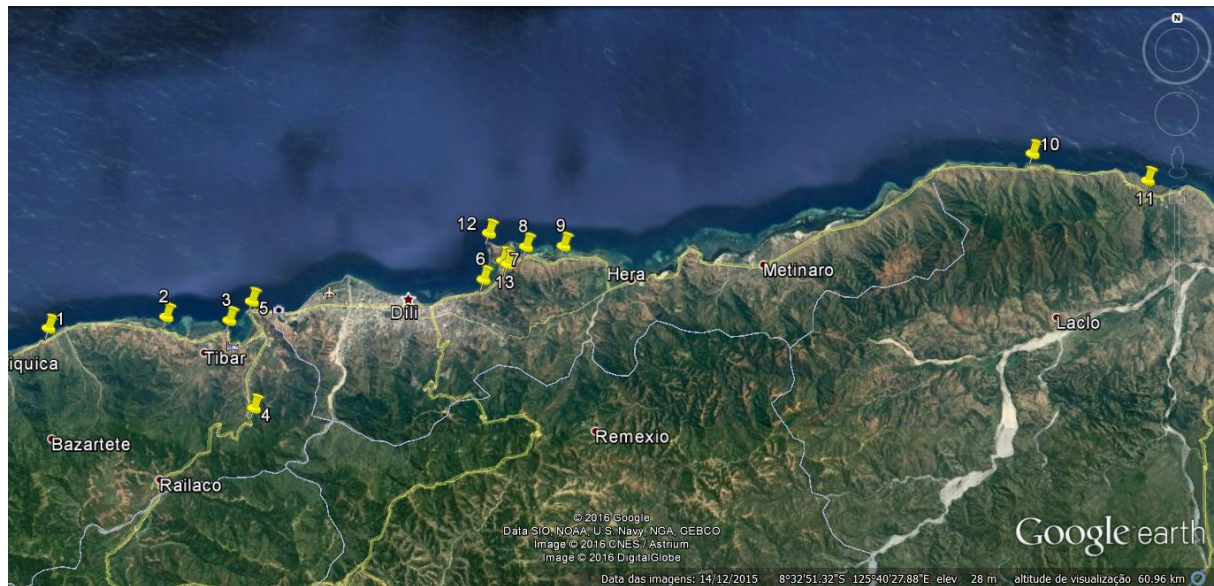


Figura 4. 2: Vista geral da localização dos pontos de amostragem, aproximadamente 70 km (sobre imagem GE, 2016).

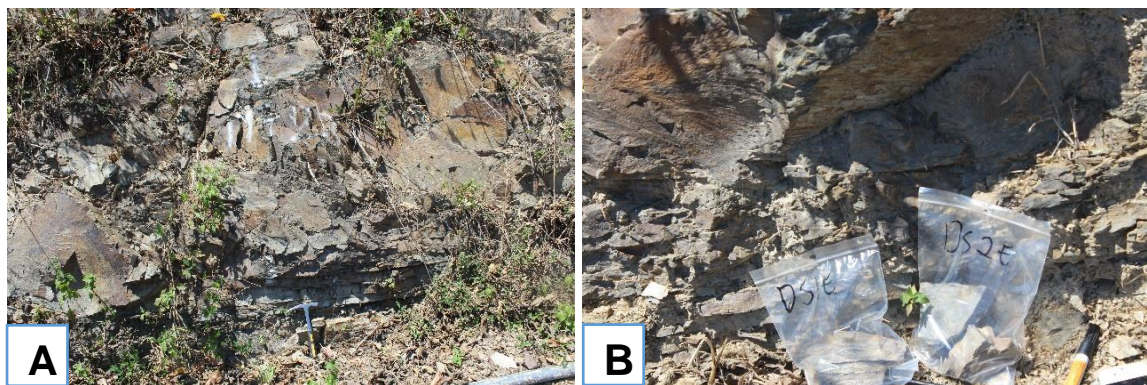


Figura 4. 3: Exemplo da recolha das amostras, A) Afloramento E; B) Amostras recolhidas e respetiva identificação no saco.

Tabela 4.1: Os dados recolhidos durante a realização do recolhimento das amostras

Número dos Pontos	Coordenadas		Localidade	Observação	Amostra	Fotos
	X	Y				
1/B	-8.573469° S	125.374216°W	Aipelo	S ₀ : N248;28NW Eixo: sub-horizontal; N236	DS1B	Ponto 1
2/C	-8.566820° S	125.436780°W	Ulmera	S ₀ : N142;20NE S ₀ //S _n	DS1C	Ponto 2
3/D	-8.568264° S	125.470254°W	Tibar	S ₀ : N080;30SE	DS1D DS2D DS3D	Ponto 3
4/E	-8.613748° S	125.484542°W	Sul de Tibar	S ₀ : N038;20SE	DS1E DS2E DS3E	Ponto 4
5/F	-8.558198° S	125.482007°W	Tasi-Tolu	Eixo: 10°;N304	DS1F DS2F DS3F	Ponto 5
6/K	-8.545213° S	125.604573°W	Metiaut	S ₀ //S _n : N082; 70SE Eixo: 20°; N070	DS1K DS2K	Ponto 6
7/L	-8.535286° S	125.614785°W	Metuaut- Estrada para Cristo Rei	Eixo: 70°; N315	DS1L	Ponto 7

8/I	-8.527822° S	125.626939° W	Estrada para Hera via Fatucama	Eixo: 20°; N328°	DS1I	Ponto 8
9/H	-8.527248° S	125.646760°W	Estrada para Hera via Fatucama	Eixo: 48°; N330° E 28°; N356° S ₀ /S _n : N176°;20SW	DS1H(A) DS1H(B) DS2H(A) DS2H(B)	Ponto 9
10/G	-8.475693° S	125.894423°W	Behau	S ₀ //S _n :N096;42SW	DS1G DS2G DS3G	Ponto 10
11/A	-8.489160° S	125.954890°W	Subão Grande		DS1A DS2A	Ponto 11
12/M	-8.520933° S	125.607167°W	Cristo Rei Dili	S ₀ : N148°;72NE	DS1M DS2M	Ponto 12
13/J	-8.537046° S	125.617203°W	Metiaut- Estrada para Hera via Fatucama	Eixo: 20°; N96	DS1J	Ponto 13

4.3. Preparação das amostras

A preparação das amostras para o estudo petrográfico foi realizada no laboratório de preparação das amostras do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (DGAOT-FCUP).

A preparação das amostras implicou o seu corte em pequenas taliscas paralelepípedicas e a posterior realização da lâmina delgada.

No laboratório de preparação das amostras do DGAOT, usando uma máquina de corte (Fig. 4.4A), cortaram-se as amostras obtidas com aproximadamente 10 mm de espessura (Fig. 4.4B). As lâminas efetuadas sobre as amostras que foram orientadas no processo de recolha no campo são devidamente orientadas durante o processo de corte, nomeadamente se a lâmina é perpendicular ou é paralela à orientação marcada na amostra. Esta informação encontra-se na Tab. 4.2.

A realização das lâminas delgadas foi elaborada pela **D. Inês** no laboratório de preparação das amostras em lâmina delgada existente no DGAOT-FCUP (Fig. 4.5).



Figura 4. 4: A) Máquina do corte (DGAOT); B) Amostras cortadas para realização de lâmina delgada ~10mm



Figura 4. 5: Fotografia das lâminas preparadas para estudos.

4.4. Trabalho laboratorial

As classificações e nomenclatura das rochas metamórficas do presente trabalho serão efetuadas de acordo com a recomendação de SCMR (*Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*) do IUGS (*International Union of Geological Sciences*).

Foram estudadas as amostras recolhidas em 13 pontos, correspondendo a 28 lâminas (Tab. 4.2).

❖ **Macroscópica**

Na análise macroscópica foram descritos os parâmetros de homogeneidade/heterogeneidade; isotrópia/anisotropia; aspetos texturais e a sua variabilidade para todas as amostras em estudo.

❖ Microscópica

Para a análise microscópica de lâminas delgadas recorreu-se a três equipamentos:

Lupa binocular LEICA M205 C (fig. 4.6A), existente no Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento Território da Faculdade de ciências da Universidade do Porto (DGAOT-FCUP). Esta análise à lupa serviu essencialmente para caraterizar a estrutura e textura dos minerais. Este equipamento tem uma máquina fotográfica acoplada que permitiu detalhar e ilustrar os aspetos microestruturais.

Microscópico ótico de polarização com luz transmitida e refletida, modelo Nikon eclipse E400 POL (fig. 4.6B) e LEICA M2500 P, com diversas objetivas de ampliação 5x, 10x, 20x, 40x, 50x e 60x. O estudo microscópico permitirá identificar os minerais constituintes das paragénese metamórficas e fazer o respetivo registo fotográfico inserindo diretamente as escalas nas imagens tiradas.

A máquina fotográfica acoplada aos dois equipamentos referidos, assim como o respetivo software são os mesmos. Trata-se do equipamento LEICA do tipo DFC 295 com o software LAS v4.6 e AxioCam MRC com o software AxioVision.

Microscópico eletrónico de varrimento (SEM) / Microanálise por raio X EDS (Fig. 4.7).

Este tipo de análise foi realizado no Centro de materiais da Universidade do Porto (CEMUP). As imagens de SEM evidenciam o contraste de composição que resulta de diferenças do número atómico e a sua distribuição.

O módulo utilizado depende das características das amostras. Foi utilizado o método experimental do Microscopia de Varrimento e Transmissão em SEM (SEM/STEM) porque é compatível com as amostras em lâmina delgada, para microscópico eletrónico de transmissão.

O Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) permite identificar o que esses elementos particulares são e suas proporções relativas.

Os resultados obtidos dos estudos foram os mapas e perfis de distribuição elementar com as suas composições semí-quantitativas, apresentadas em ficheiro Excel.



Figura 4. 6: A) Lupa binocular; B) Microscópio ótico.



Figura 4. 7: SEM/EDS (CEMUP)

Tabela 4.2: Lista das lâminas (Total das lâminas são 28)

No	Nome da Amostra	Número dos pontos de Localização	Nome e Números de lâminas	Tipo de Corte	Orientação das amostras
1	DS1A	11	DS1A		
2	DS2A	11	DS2A		
3	DS1B	1	DS1B	Perpendicular	N240°;28
4	DS1C	2	DS1C	Perpendicular	N318°;38
5	DS1D	3	DS1D		
6	DS1D	3	DS1D		
7	DS3D	3	DS3D		
8	DS1E	4	DS1E	Perpendicular	N330°;60S
9	DS2E	4	DS2E		
10	DS3E	4	DS3E		
11	DS1F	5	DS1F	Perpendicular	N309°;10
12	DS2F	5	DS2F		
13	DS3F	5	DS3F		
14	DS1G	10	DS1G	Paralela	N112°;60S
15	DS2G	10	DS2G	Paralela	N310°;60S
16	DS3G	10	DS3G		
17	DS1H	9	DS1H (A) DS1H (B)		
18	DS2H	9	DS2H (A) DS2H (B)		
19	DS1I	8	DS1I		
20	DS1J	13	DS1J		
21	DS1K	6	DS1K (A) DS1K (B)		
22	DS2K	6	DS2K		
23	DS1L	7	DS1L		
24	DS1M	12	DS1M		
25	DS2M	12	DS2M		

CAPÍTULO V- DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E PETROGRÁFICA COM AS SUAS DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Os estudos litológicos e petrográficos foram as etapas mais importante neste estudo. Nesta descrição vão ser apresentados os aspetos de campo; as atitudes das estruturas e as fotografias dos afloramentos, acompanhados pela descrição macroscópica das amostras de mão.

Conforme já tinha referido na secção anterior (4.4), nos estudos das amostras foram utilizados alguns tipos de equipamentos para obter os seus resultados analisados. Este capítulo vai englobar todos os resultados obtidos durante a realização do estudo, nomeadamente, nos equipamentos de ótica e lupa binocular, onde foi detalhada a composição mineralógica e o tipo de texturas. No CEMUP, na SEM/EDS foram analisados alguns minerais, com os seus espectros dos elementos químicos e o registo da sua composição semi- quantitativa.

O resultado final do estudo permitiu classificar as rochas com base na sua composição mineralógica e textura; definir as paragénese metamórficas das rochas e estabelecer a cronologia relativa entre as fases de deformação e os seus processos de blastese metamórfica.

Os resultados apresentados vão ser abordados para cada afloramento com as suas amostras recolhidas. E as fichas de cada amostra podem ser encontradas no anexo (I e II).

5.1. Análise Microscópica e Macroscópica

Afloramento A – Subão grande

No afloramento A, no ponto 11, foram recolhidas duas amostras: DS1A e DS2A, e foram efetuadas as duas lâminas respetivas. Localizam-se no Subão Grande (a ocidente de Manatuto) (Fig. 5.1A, ponto 11). Trata-se de um afloramento de rochas escuras com superfícies de alteração amarelo acastanhado, com diferenças de granularidade, razão pela qual foram recolhidas as duas amostras (Fig. 5.1B e C). Ambas as amostras são classificadas como xistos verdes.

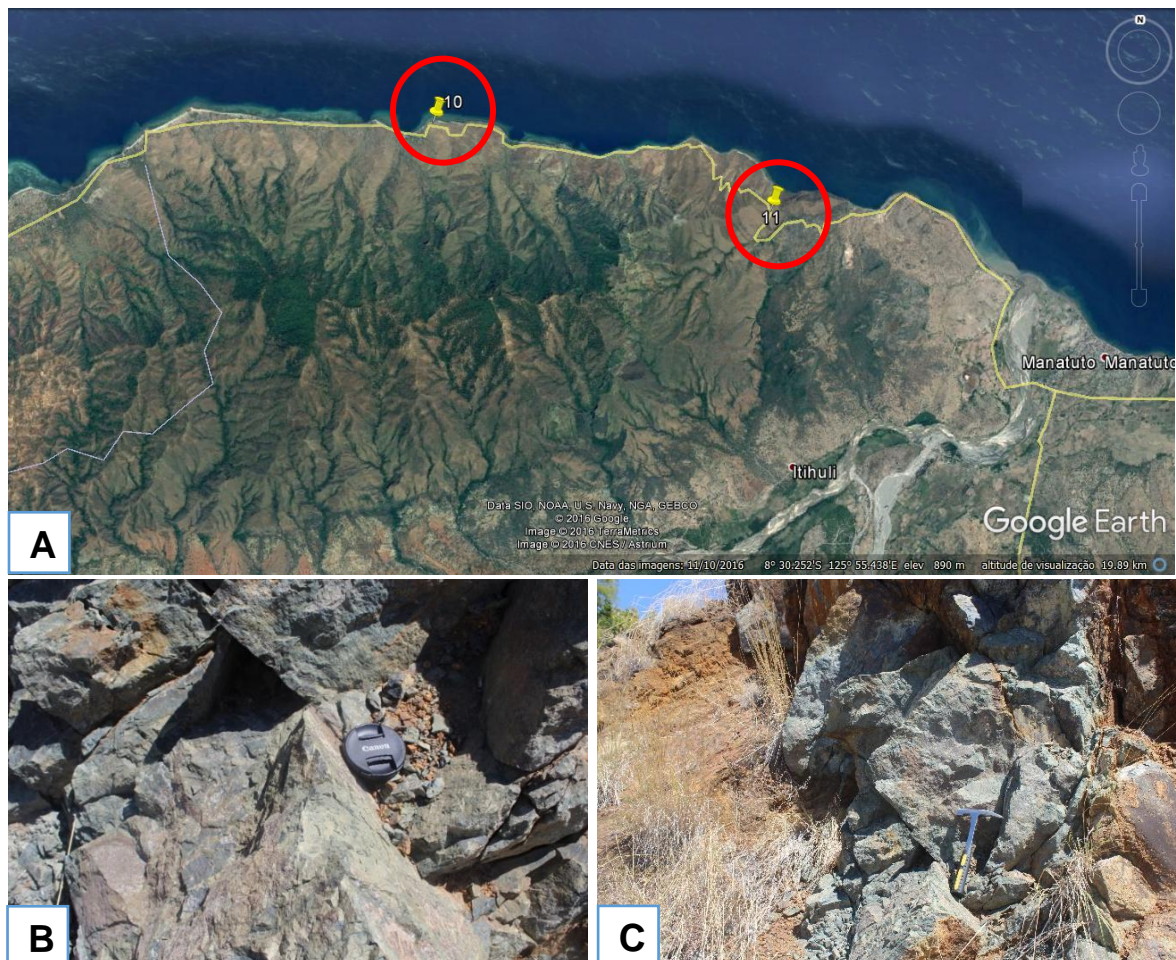


Figura 5. 1: A) Localização das amostras DS1A e DS2A (ponto 11) e DS1G, DS2G e DS3G (ponto 10), sobre imagem GE; B) e C) Afloramentos onde foram recolhidas as amostras DS1A e DS2A.

Amostra DS1A

A amostra DS1A é uma rocha dura, com cor verde escura e de granularidade muito fina, sendo classificada como xisto verde. Em termos texturais esta rocha tem caráter cataclástico, podendo ser considerada na categoria de tectonito (Fig. 5.2).

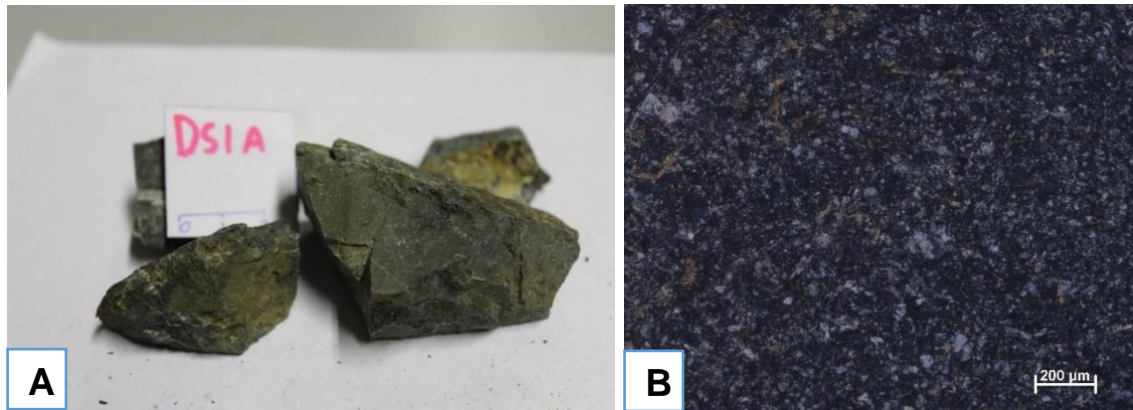


Figura 5. 2: Amostra DS1A – xisto verde: A) Amostra de mão; B) Microfotografia evidenciando textura muito fina com caráter cataclástico (NX).

Relativamente à composição mineralógica, e apesar da textura extremamente fina, foram observados: piroxena, epídoto, calcite e quartzo. A rocha apresenta filonetes, mais ou menos irregulares, de calcite, com algum epídoto associado.

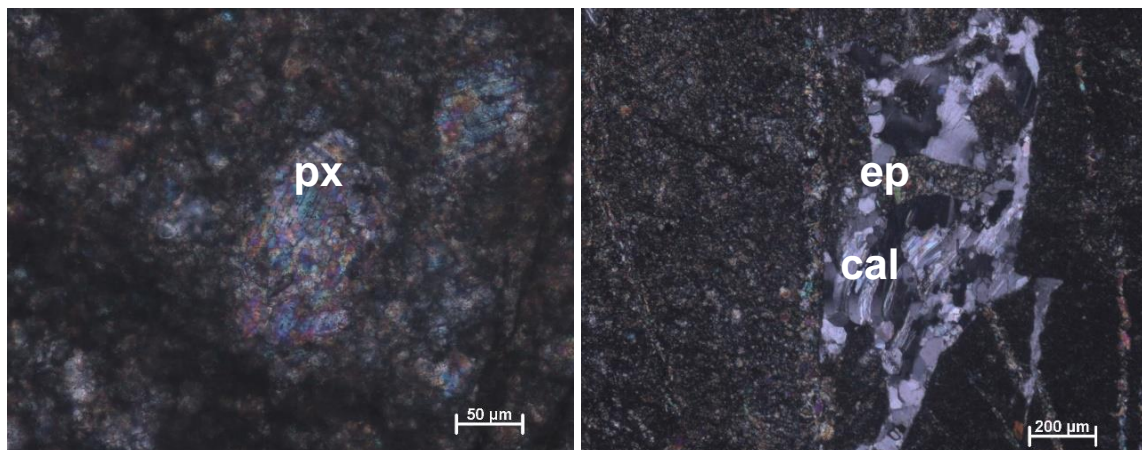


Figura 5. 3: Microfotografias da amostra DS1A evidenciando os cristais de piroxena (px) e filonetes irregulares de calcite (cal) com algum epídoto (ep) (ambas em NX).

Amostra DS2A

Esta amostra foi recolhida no mesmo local da amostra anterior (Fig 5.1A). A amostra DS2A é classificada também como xisto verde, mas apresenta granularidade bastante superior à amostra anterior. A textura desta amostra é granoblástica heterogranular (Fig. 5.4).

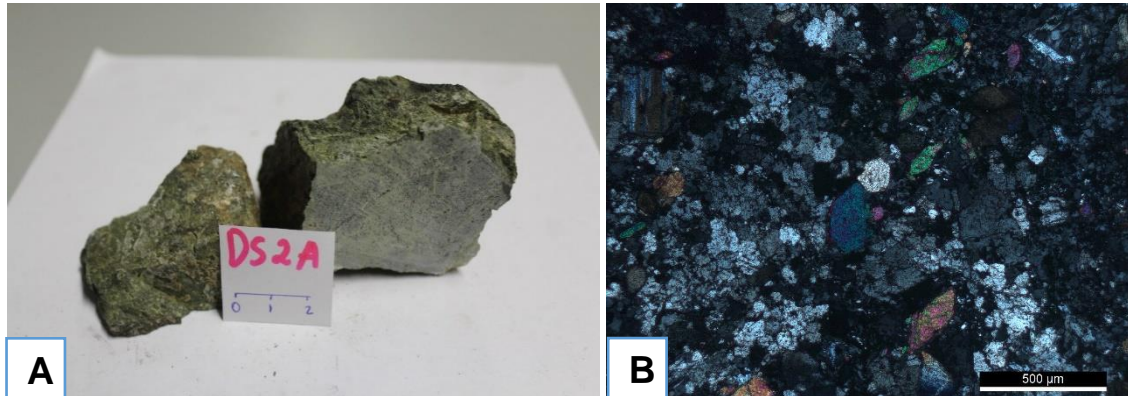
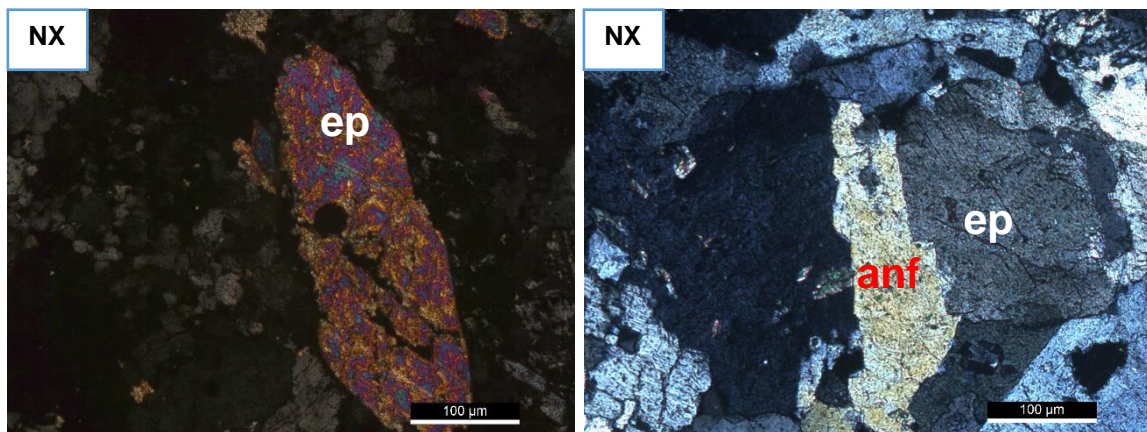


Figura 5. 4: Amostra DS2A – xisto verde: A) Amostra de mão; B) Microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular (NX).

Esta amostra de DS2A apresenta composição mineralógica com epidoto; plagioclase; tremolite; clorite; quartzo; calcite e apatite. A calcite ocorre também a preencher os filonetes apresentados na amostra (Fig. 5.5).



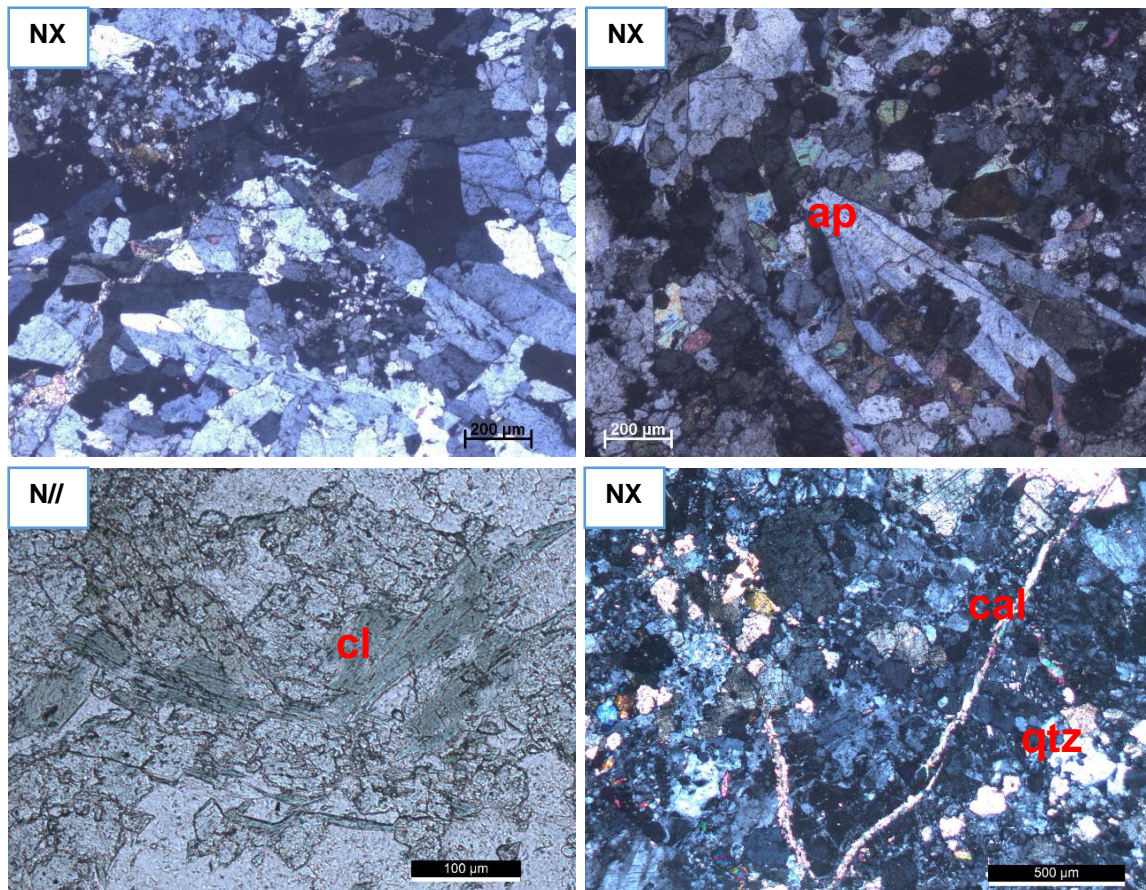


Figura 5. 5: Microfotografias da amostra DS2A, pondo em evidência a textura heterogranular e a composição mineralógica com epídoto (ep), tremolite (anf), apatite (ap), clorite (cl), calcite (cal) e quartzo (qtz). É visível um filonete com preenchimento de calcite e epídoto.

Afloramento G- Behau

Este afloramento encontra-se na parte ocidental de Manatuto (Fig. 5.1A ponto 10). De acordo com os estudos metamórficos prévios (Berry, 1979) este afloramento com predominância de rochas metabásicas corresponde a uma zonalidade metamórfica de alto grau – zona do diópsido.

O afloramento apresenta intercalações de diferentes litologias, bem marcadas pelas diferenças de cor. Verificam-se intercalações de rochas quartzofilitosas e calco-silicatadas, de tonalidade clara (Fig. 5.6 - Ponto A) com rochas escuras anfibolíticas (Fig. 5.6 - Ponto B). Estas últimas são cortadas por filonetes mais claros paralelos e secantes à foliação (Fig. 5.6 - Ponto C). As intercalações de rochas calco-silicatas e pelíticas com anfibolitos ocorrem a diferentes escalas (Fig. 5.7). Dada a heterogeneidade litológica do afloramento foram recolhidas três amostras: DS1G, DS2G e DS3G (Fig. 5.6). As intercalações de rochas calco-silicatadas e anfibolitos (amostras DS1G e DS2G, respetivamente) têm orientação N090°;40°SW (Fig 5.7). A DS3G corresponde a um filonete de cor verde, que corta a amostra de DS2G.



Figura 5. 6: Afloramento G, onde foram recolhidas as amostras DS1G; DS2G; e DS3G, respetivamente nos pontos A, B e C, pondo em evidências a heterogeneidade litológica.

Amostra DS1G e DS2G

Macroscopicamente, as amostras DS1G e DS2G apresentam em aspetos diferentes (Fig. 5.7), A amostra DS1G apresenta cor clara, a sua granulometria é fina e apresenta uma estrutura não foliada. O estudo de microscópico mostrou uma mineralogia que corresponde a uma rocha de transição entre uma composição calcossilicatada e um quartzo-filito. A amostra DS2G apresenta cor verde e uma estrutura foliada com granulometria fina, sendo classificada como xisto anfibólico.



Figura 5. 7: Intercalações mais finas das mesmas litologias da figura anterior, correspondentes as amostras DS1G e DS2G.

Textualmente, as amostras apresentam aspetos um pouco diferentes: a amostra de rocha calco-silicatada (DS1G) apresenta textura grano-lepidoblástica e grano-nematoblásticas (Fig.5.8A), enquanto a amostra de xisto anfibólico (DS2G) possui textura nematoblástica (Fig.5.8B).

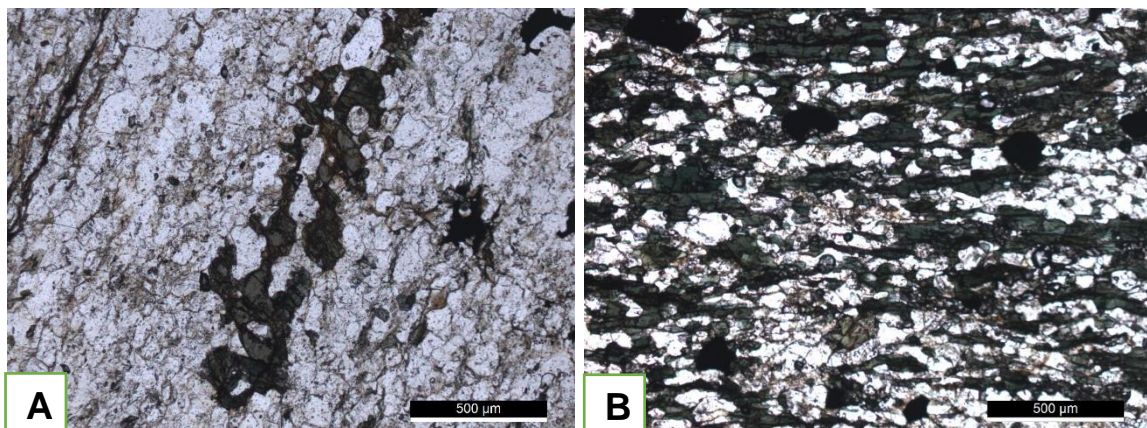


Figura 5. 8: Microfotografias evidenciando a textura e composição das amostras DS1G (A) e DS2G (B) (N//).

Relativamente à composição mineralógica:

- ❖ A amostra DS1G, classificada com rocha calco-silicatada com transição para quartzo-filito é composta por anfíbolos verdes (horneblenda), quartzo, plagioclase, epidoto, biotite, clorite, mica branca, opacos e óxidos (Fig. 5.9).
- ❖ A amostra DS2G, classificada como xisto anfibólico, é constituída por anfíbolos verdes (horneblenda), opacos, quartzo, calcite, plagioclase e clorite. Esta amostra possui maior percentagem de horneblenda do que a amostra anterior (Fig. 5.10).

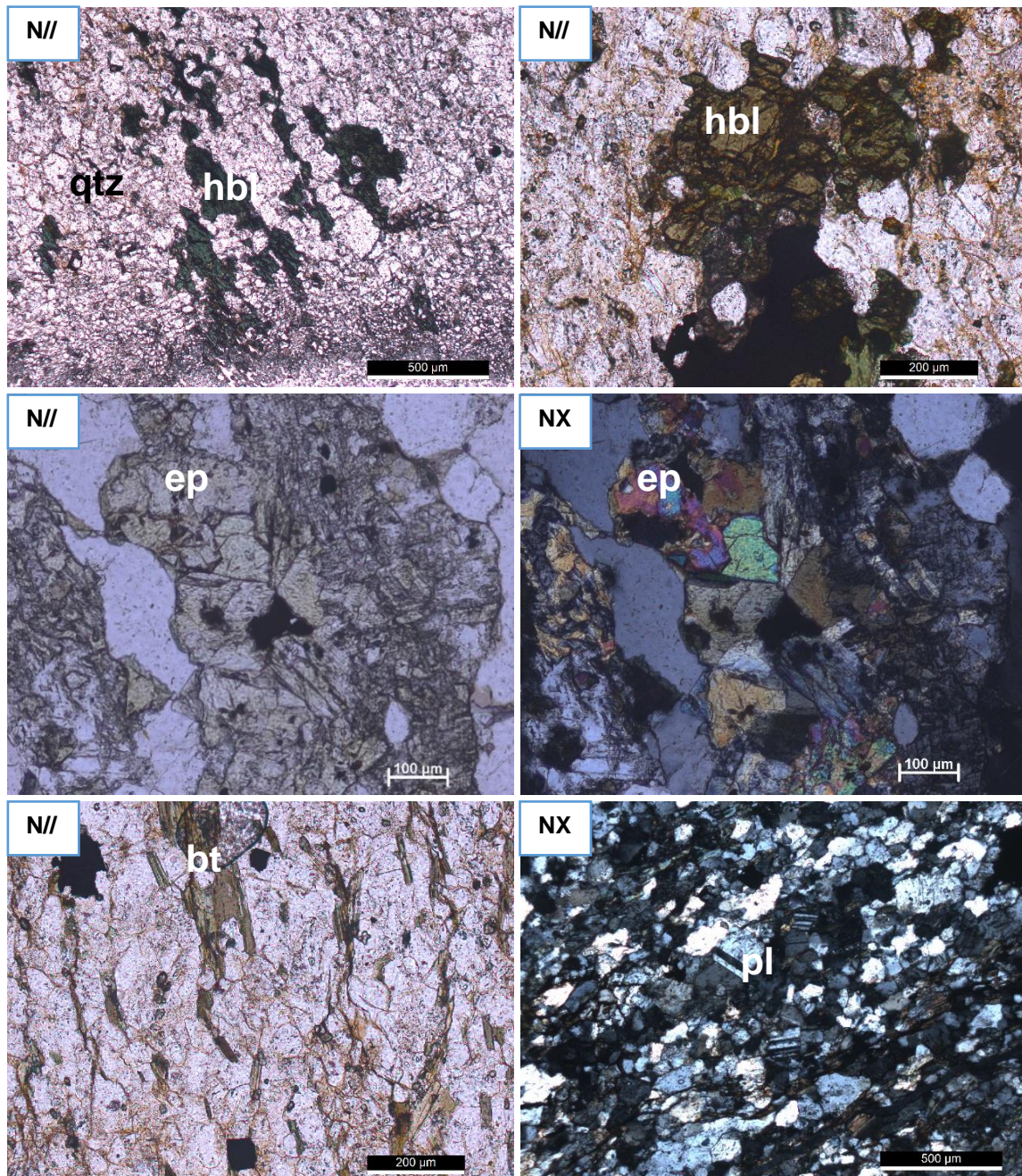


Figura 5. 9: Microfotografias da amostra DS1G evidenciando os cristais epidoto (ep), quartzo (qtz), biotite (bt), horneblenda (hbl) e plagioclase (pl).

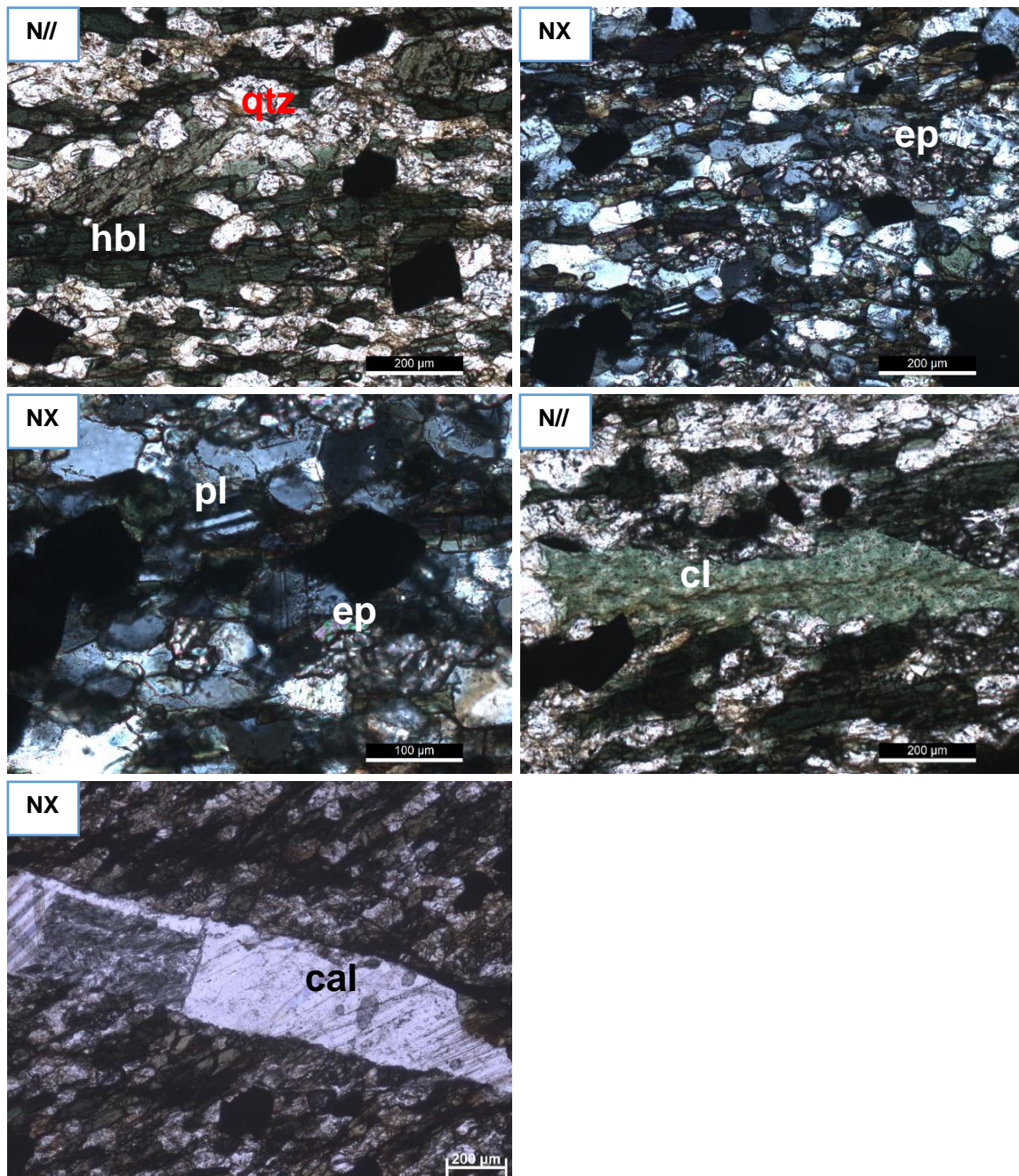


Figura 5. 10: Microfotografias de xisto anfibólico (amostra DS2G) evidenciando os cristais: hornblenda (hbl), com orientação preferencial paralela à S_0 , plagioclase (pl), epidoto (ep), clorite (cl) e calcite (cal), esta última a preencher fratura, associada a clorite.

Amostra DS3G

A amostra DS3G corresponde a um pequeno filonete transverso à foliação dos xistos anfibólicos (Figs. 5-6 e 5.11). Macroscopicamente, a amostra apresenta cor verde com granulometria grosseira, sendo constituída quase exclusivamente por epídoto, e em consequência classificada como um epidotito. Em termos da textura, a amostra DS3G possui um carater de granoblástico (Fig. 5.12).

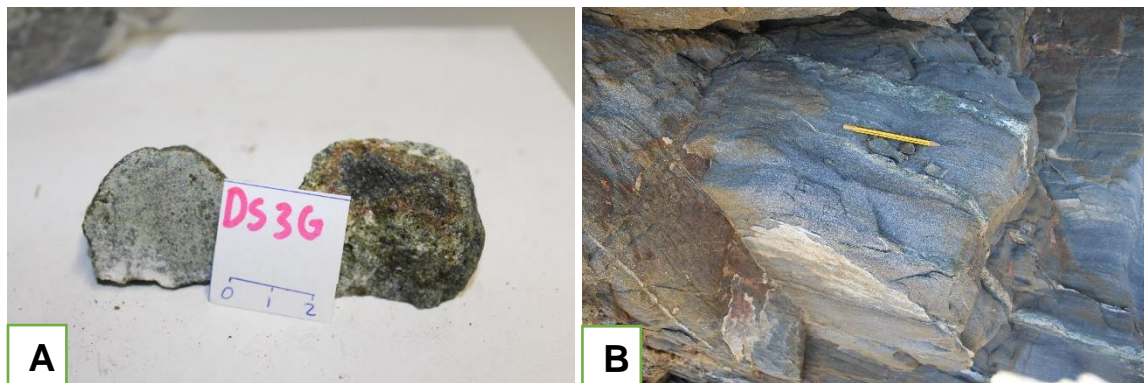


Figura 5. 11: Amostra DS3G - epidotito); A) amostra de mão (B) afloramento, onde foi recolhida a amostra.

Em relação à mineralogia, foram estudadas pelos dois equipamentos utilizadas nomeadamente microscópico ótica e SEM/EDS. Na ótica foram identificados os minerais: epídoto, quartzo, anfíbola, clorite, calcite e opacos. A coloração verde da amostra é consequência de uma composição mineralógica exclusivamente constituída por minerais verdes (Fig. 5.12).

No SEM/EDS foram analisados os minerais de epídoto, tremolite actinolite, calcite, paragonite, óxido de ferro, quartzo e horneblenda (Fig. 5.13 e Graf. 5.1).

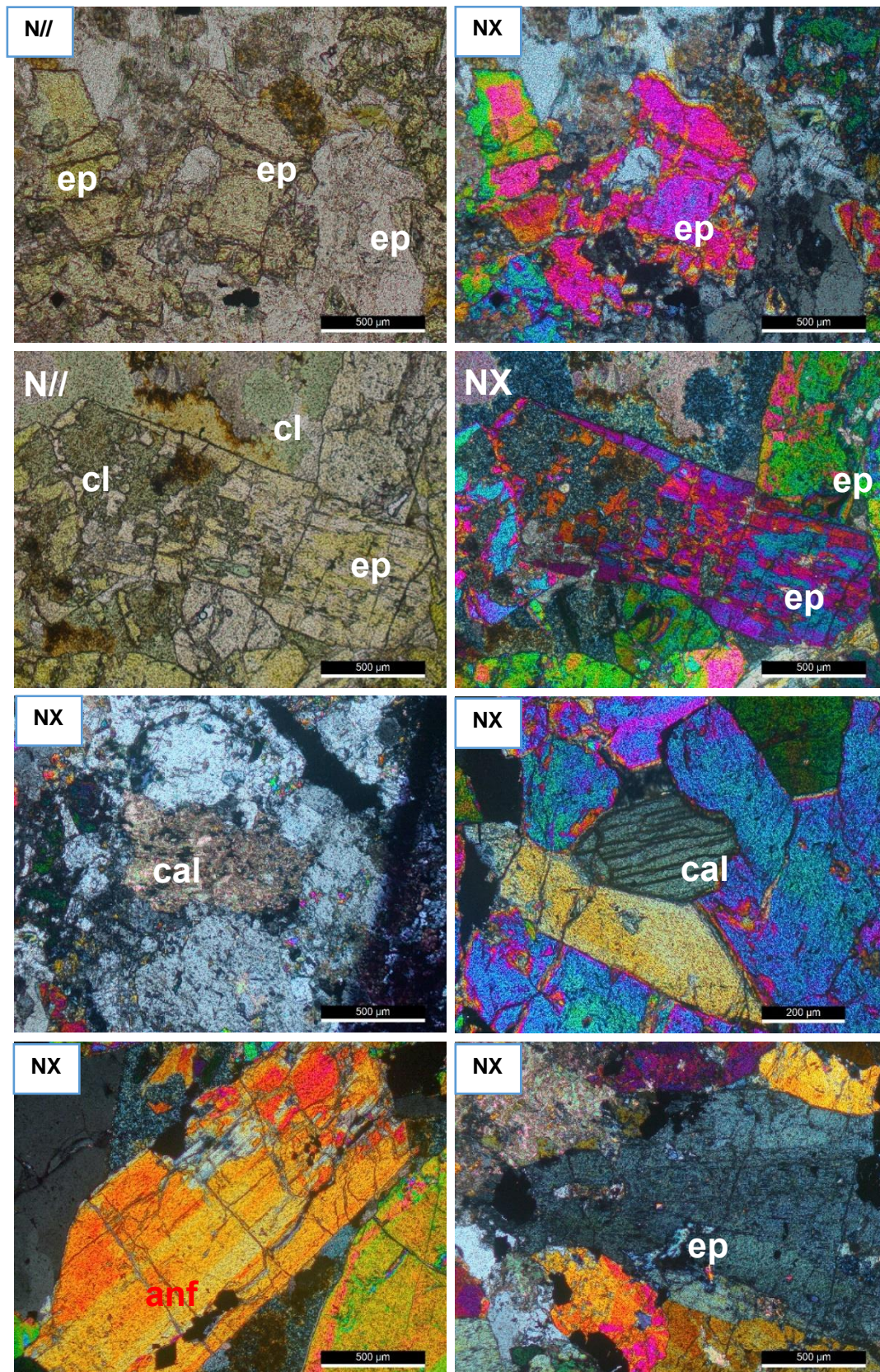


Figura 5. 12: Microfotografias de epidotito (amostra DS3G) evidenciando textura granoblástica e os cristais de epidoto (ep), quartzo (qtz), anfíbolos (anf), calcite (cal) e clorite (cl).

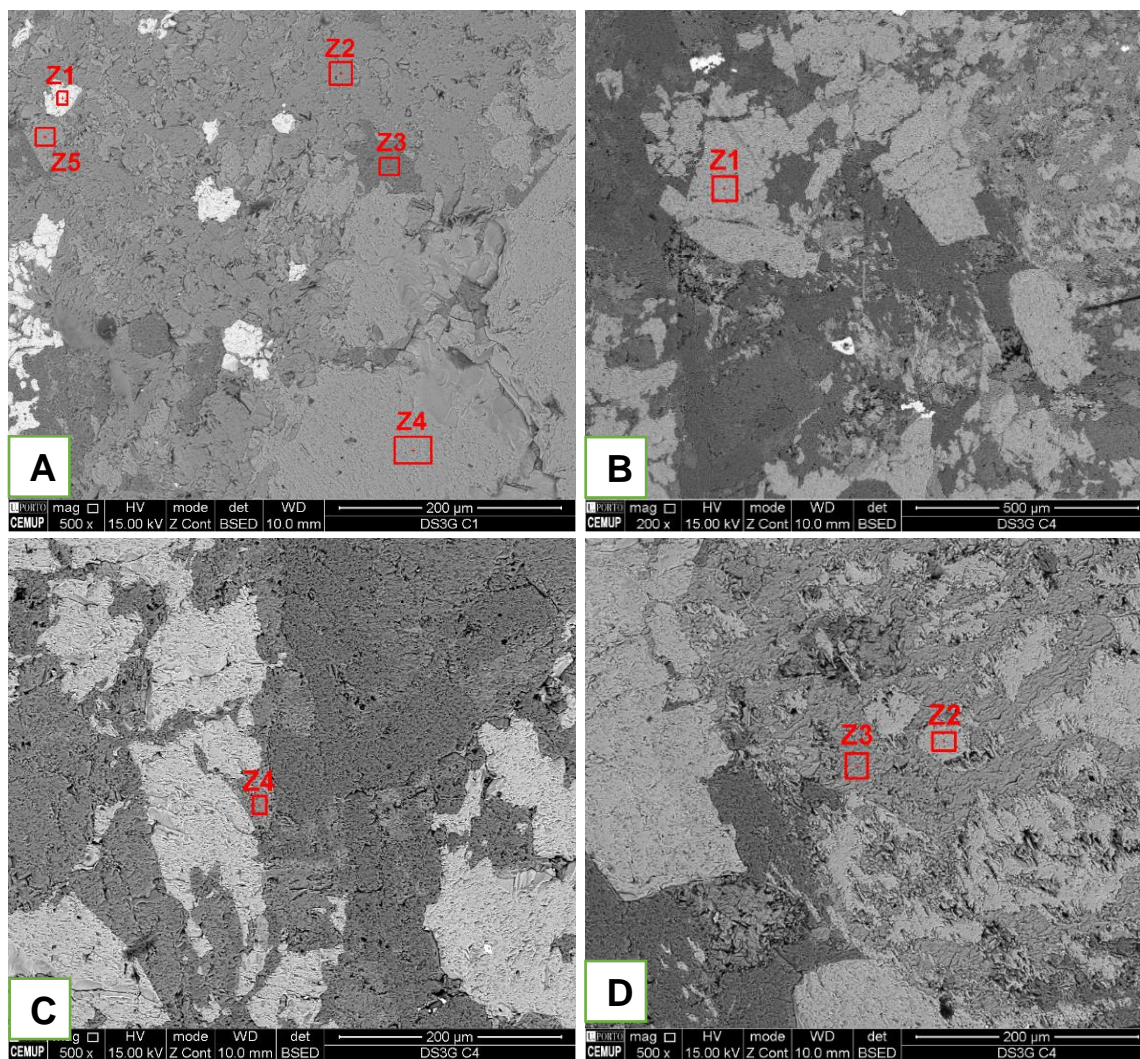
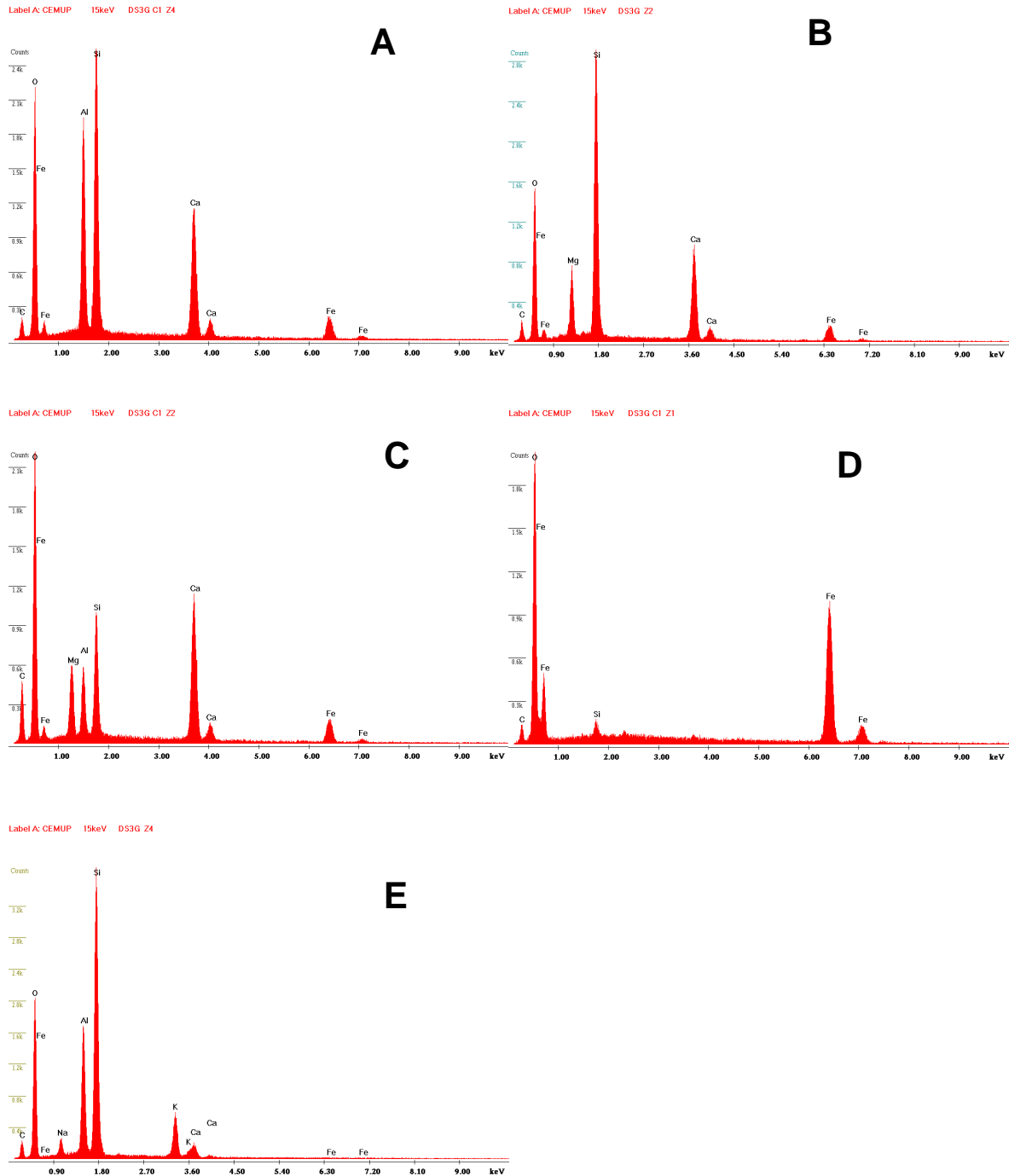


Figura 5. 13: Imagens da amostra DS3G obtidas por SEM, A) Z1-Oxido de ferro, Z2- Horneblenda, Z3- Quartzo, Z4=Z5-Epídoto; B) Z1-Prehnite; C) Z4- Paragonite; D) Z3- Calcite; Z2- Tremolite e actinolite (anfíbolos).

Gráficos 5.1: Espectros dos minerais de epidotito (amostra DS3G) na análise EDS: A-Epídoto (Z1, Fig 5.13B), B-Tremolite actinolite (Z2, Fig. 5.13D), C-Horneblenda (Z2, Fig. 5.13A), D-Óxido de ferro (Z1, Fig. 5.13A) e E- Paragonite (Z4. Fig. 5.13C).



Afloramento H- estrada para Hera via Fatukama

Este afloramento localiza-se a leste de Díli, no posto administrativo de Cristo Rei, na via Fatukama Díli para Hera, próximo da costa (Fig. 5.14A ponto 9). Trata-se de um afloramento essencialmente constituído por rochas de natureza pelítica, intercalados com alguns níveis carbonatados com uma estruturação bem marcada. As estruturas evidentes no afloramento são a estratificação (S_0) e a foliação, paralelas ($S_n//S_0$) e com atitude de $N176^\circ;20SW$ (Fig 5.15). A estratificação é marcada por bandado composicional: bandas mais micáceas alternando com bandas quartzosas e carbonatadas (Fig. 5.15 C e D). Este bandado observa-se desde a escala macroscópica à microscópica. A foliação, paralela à S_0 , apresenta dobras de plano axial sub-horizontal e eixos algo variáveis: 48° para $N330^\circ$ a 28° para $N356^\circ$ (Fig. 5.15 B e C). Nas zonas mais pelíticas existem abundantes filonetos de quartzo paralelos à foliação e consequentemente dobrados (Fig. 5.15 A).

Dada a heterogeneidade composicional neste afloramento foram colhidas quatro amostras: DS1H (A), DS1H (B), DS2H (A) e DS2H (B), cuja localização esta detalhada na Fig. 5.15 C e D.



Figura 5. 14: Localização geografia dos afloramentos: H (ponto 9), I (ponto 8), J (ponto 13), K (ponto 6), L (ponto 7) e M (ponto 12), sobre imagem GE.

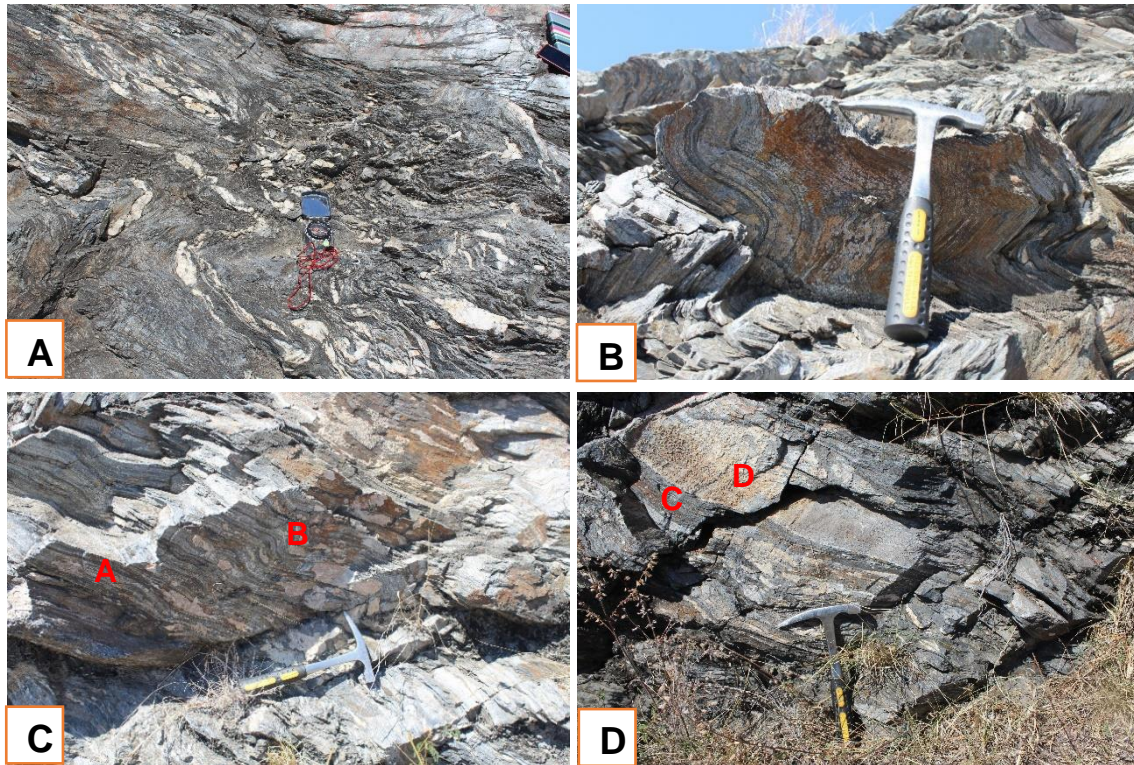


Figura 5. 15: Aspectos do afloramento no ponto H: A-Filonetes de quartzo dobrados, em zona mais pelítica; B- Dobras de plano axial horizontal afetando a foliação paralela à estratificação; C e D – Localização das amostras recolhidas: A-DS1H (A); B-DS1H (B); C-DS2H (A); e D-DS2H (B).

Amostra DS1H(A)

A amostra DS1H(A) é uma rocha com cor cinzenta, com granularidade fina. Macroscopicamente é bem evidente a anisotropia. Trata-se como uma rocha xisto quartzo-carbonatado, tendo em conta a sua estrutura e composição mineralógica.

À escala microscópica a amostra apresenta bandado composicional muito bem marcado (Fig. 5.16). Existem bandas essencialmente micáceas, onde a foliação principal, paralela a S_0 , é marcada pelo alinhamento de mica branca associada a matéria orgânica. Estas bandas apresentam crenulação e blastese de biotite em cristais mais desenvolvido do que os de mica branca e com caráter sin-cinemático relativamente a esta última deformação (Fig. 5.16 e Diag. 5.1). As bandas carbonatadas e as bandas quartzosas são largamente predominantes, marcam a estratificação (S_0) a diferentes escalas, desde a escala macroscópica à

microscópica e apresentam textura granoblástica. A turmalina ocorre preferencialmente associada às faixas com blastese de biotite (Fig 5.16D)

Nesta amostra foi feita uma análise da relação blastese-deformação (diagrama 5.1), porque as estruturas estão bem evidentes a diferentes escalas.

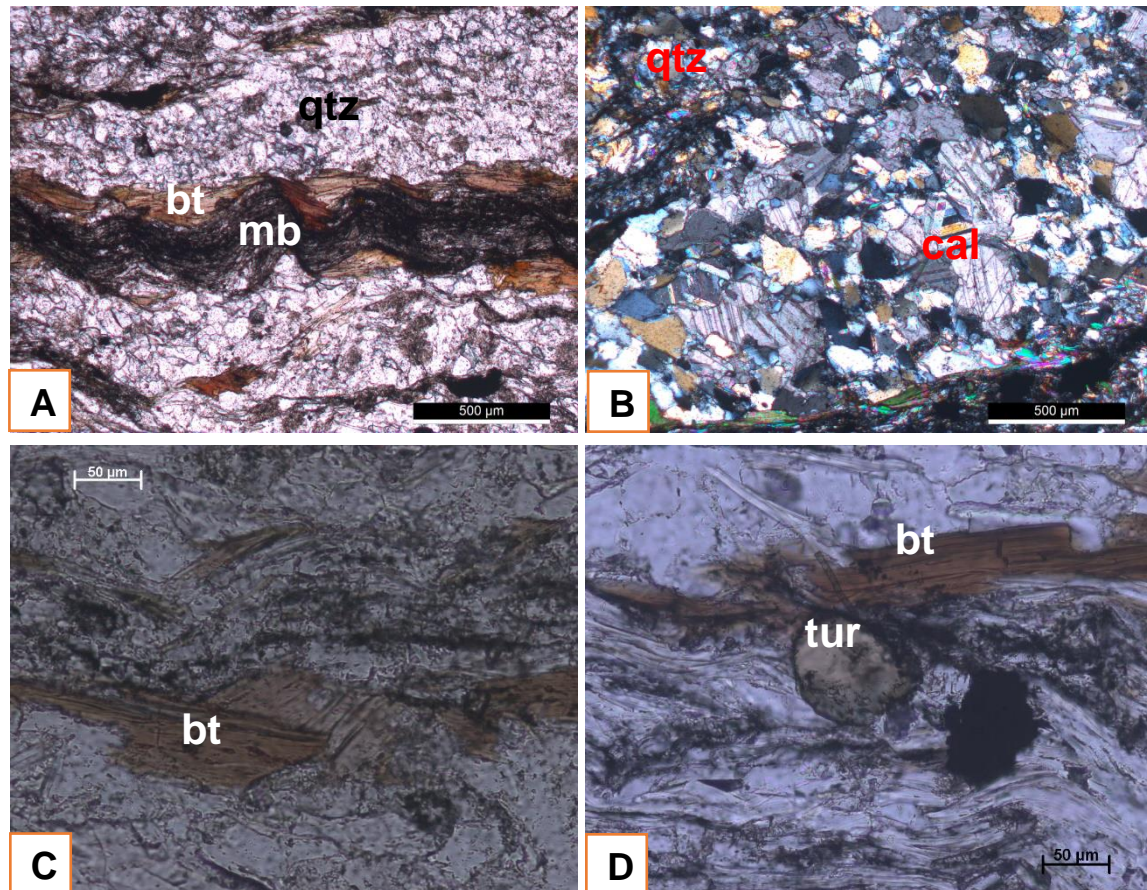


Figura 5. 16: Microfotografias de xisto quartzo-carbonatado (amostra DS1H A) evidenciando bandas quartzo-pelíticas (A, C e D) e bandas carbonatadas. A) Banda micácea, com foliação crenulada, paralela à estratificação (N//); B) Banda carbonatada com textura granoblástica (NX); C) Blastese mimética de biotite sobre a foliação e a marcar a crenulação, com caráter sin-cinemático com a fase D_{n+1} (N//); D) Turmalina associada a biotite (N//). (bt-biotite, mb-mica, qtz-quartzo, cal-calcite e tur-turmalina).

Diagrama 5.1: Relações entre deformação e blastese de xisto quartzo-carbonatado (amostra DS1H(A)).

Minerais	Fases de deformação	
	D _n	D _{n+1}
Mica branca	—	—
Quartzo	—	—
Biotite		—
Turmalina		—
Calcite	—	—

Amostra DS1H(B)

Macroscopicamente, a amostra DS1H(B) apresenta uma estrutura dobrada bem definida pelos níveis quartzosos e pelíticos (Fig 5.17). Esta anisotropia dobrada corresponde à foliação principal (S_n), paralela à estratificação (S_0). Esta amostra foi classificada como quartzo-filito.



Figura 5. 17: Amostra de quartzo-filito (DS1HB).

A textura tem caráter grano-lepidoblástica marcado essencialmente pela orientação de finas palhetas de mica branca, com porfiroblastos de biotite de maior dimensão, sem orientação ou miméticos sobre a foliação (Fig. 5.18). As bandas granoblásticas são essencialmente quartzosas e alternam com bandas lepidoblásticas essencialmente moscovíticas e com muita MO.

Em termos da caracterização morfológica das foliações, esta amostra contém uma foliação principal (S_n) crenulada pela deformação D_{n+1} . S_n é marcada pelo alinhamento da mica branca e pelo mimetismo da biotite. Na zona de charneira desta crenulação desenvolveu-se uma foliação paralela ao plano axial do microdobramento ou seja uma clivagem de crenulação (S_{n+1}) marcada por concentração matéria orgânica. (Fig. 5.18 F).

A biotite ocorre em porfiroblastos não orientados ou miméticos sobre a foliação principal e apresenta arcos poligonais nas zonas de charneira (Fig. 5.18E). Estas características confirmam a biotite como resultante de blastese post-cinemática relativamente a D_n (Diag. 5.2). Também foram identificados zircões inclusos na biotite ou dispersos na matriz (Fig. 5.18D).

Na análise no SEM/EDS foram caracterizados os minerais de biotite, muitos zircões apresentados na matriz, fluor apatite, quartzo, clorite, mica branca e óxido de ferro (Fig. 5.19 e Graf. 5.2).

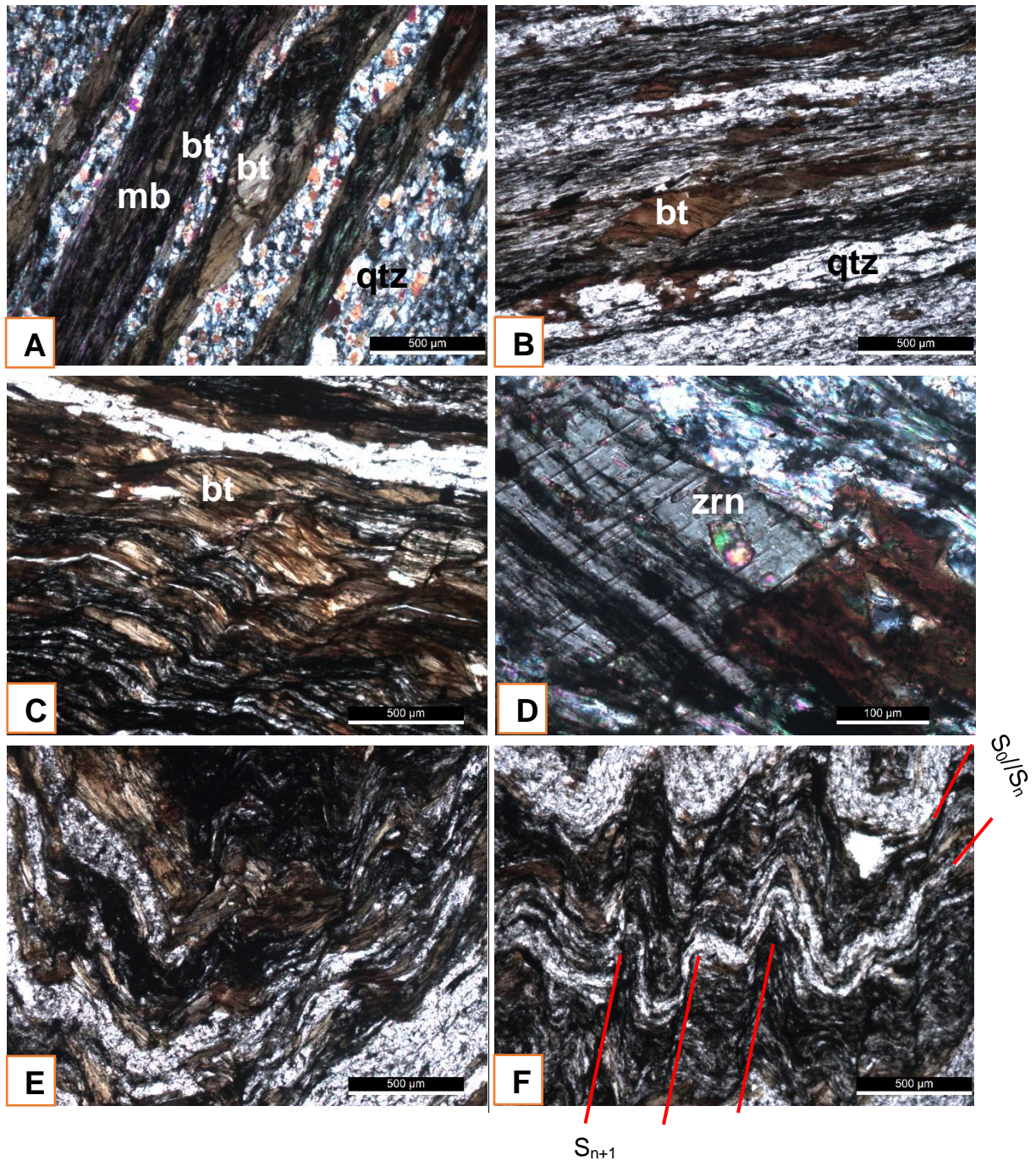


Figura 5. 18: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1H B) evidenciando de textura grano-lepidoblástica: A) Bandas quartzosas granoblásticas e bandas micáceas (mica branca) lepidoblásticas, marcando S_n e S_0 (NX); B) Porfiroblastos de biotite sobre S_n (N//); C) Biotite associado na S_n em carater mimética (N//); D) Zircão em inclusões na biotite (NX); E) Arcos poligonais de biotite sobre a zona de charneira (N//); F) Zona de microcharneiar e com a foliação associada, marcando S_n e S_{n+1} (N//). (bt-biotite, mb-mica branca, qtz-quartzo e zrn-zircão).

Diagrama 5.2: Relações entre deformação e blastese da amostra DS1H (B)

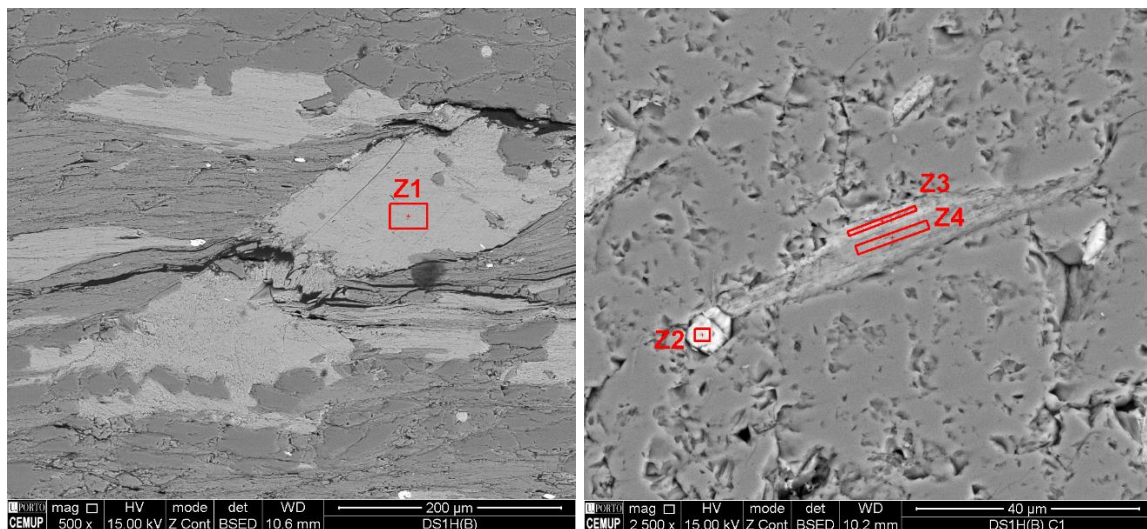
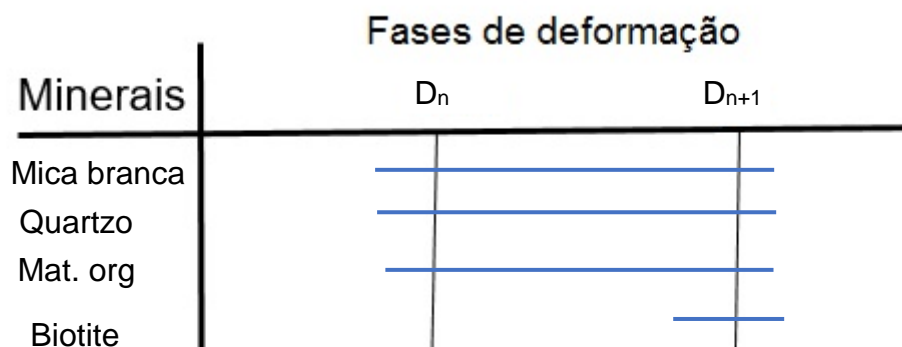
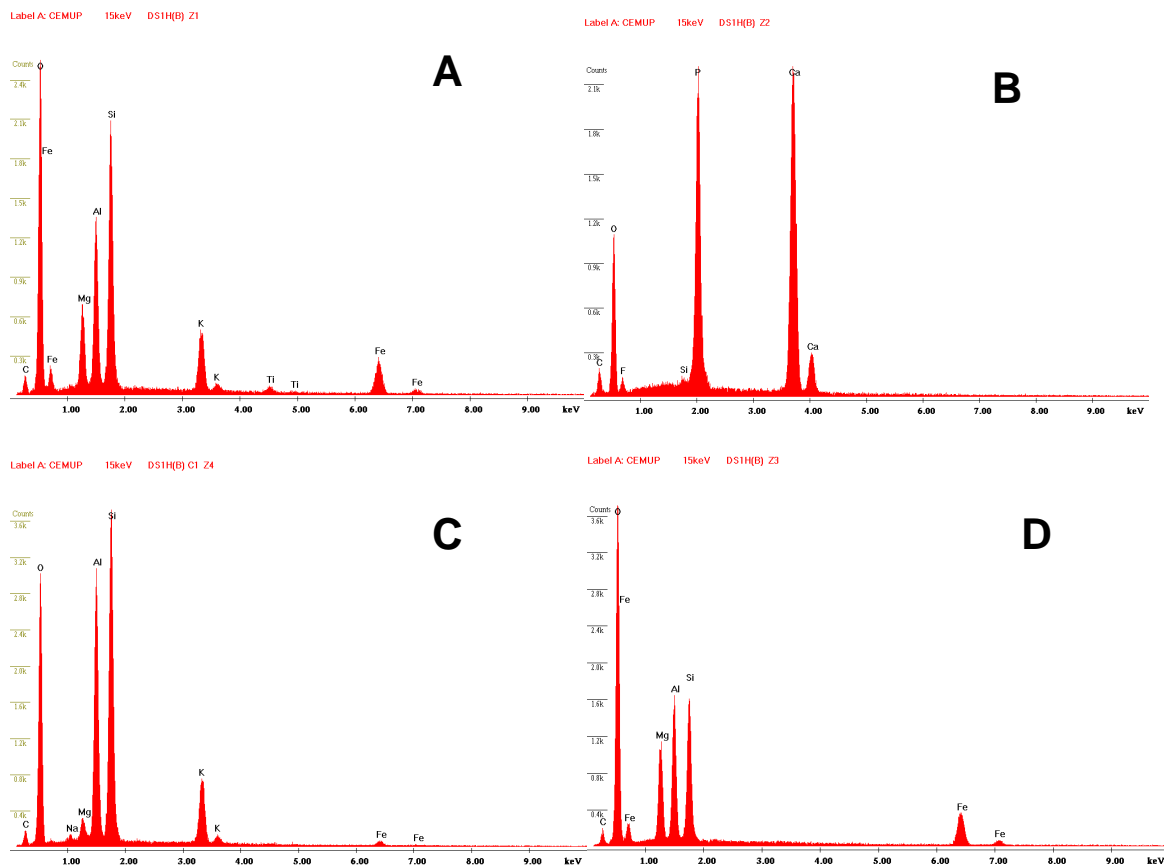


Figura 5. 19: Imagens da amostra DS1HA obtidas por SEM, Z1-biotite; Z2-apatite; Z3-clorite; Z4-muscovite.

Gráficos 5.2: Espectros dos minerais de quartzo-filito (DS1H B) na análise EDS: A- Biotite (Z1, Fig. 5.19), B- Apatite (Z2, Fig. 5.19), C- Moscovite (Z4, Fig. 5.19), e D- Clorite (Z3, Fig. 5.19).



Amostra DS2H(A) e Amostra DS2H(B)

No afloramento, as amostras DS2H(A) e (B) estão intercaladas (Fig. 5.15 D), marcando a estratificação (S_0) com atitude $N052^\circ; 10^\circ SE$. Representam, respetivamente estratos de xisto quartzo-carbonatado e de quartzo-filito.

Microscopicamente, ambos apresentam textura grano-lepidoblástica (Fig. 5.20), sendo as bandas lepidoblásticas mais abundantes na amostra DS2H(B). A amostra de xisto quartzo-carbonatado apresenta palhetas finas de micas e matriz de quartzo e calcite. A amostra de quartzo-filito apresenta bandas quartzosas com textura granoblástica, marcando S_0 e bandas pelíticas essencialmente com mica branca e biotite alinhadas segundo a filiação principal (S_n), paralela à estratificação (S_0/S_n). Também é possível identificar porfiroblastos de biotite com orientação aleatória ou mimética sobre a foliação S_n (Fig. 5.22).

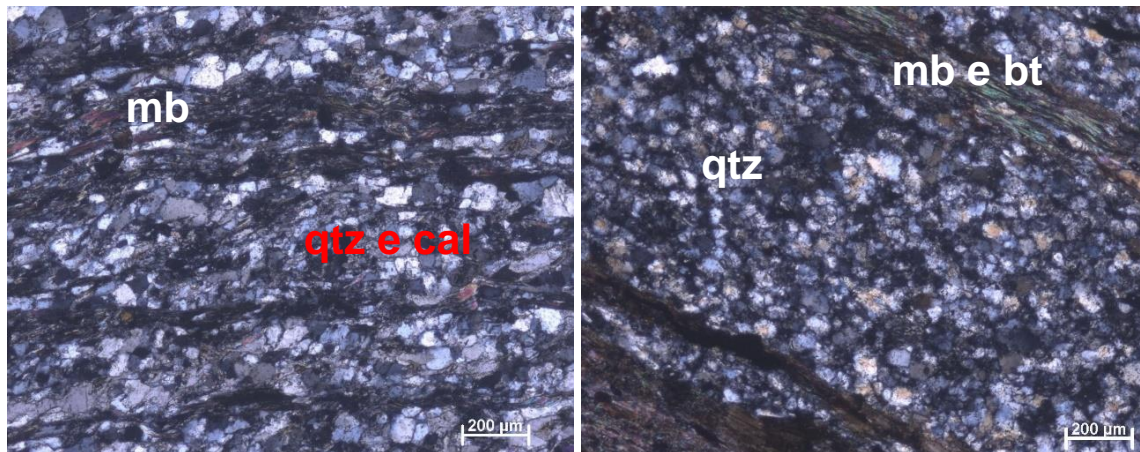


Figura 5. 20: Microfotografias evidenciando a textura grano-lepidoblástica das amostras DS2H(A) e DS2H(B) (ambos em NX).

Relativamente as suas mineralogias:

- ↔ Amostra DS2H(A), classificada com xisto quarto-carbonatado, é composta por quartzo, calcite, biotite, mica branca e turmalina (Fig. 5.21).
- ↔ Amostra DS2H(B), classificado com quartzo-filito é composta por biotite, quartzo, calcite, mica branca, óxidos, e opacos (Fig. 5.22).

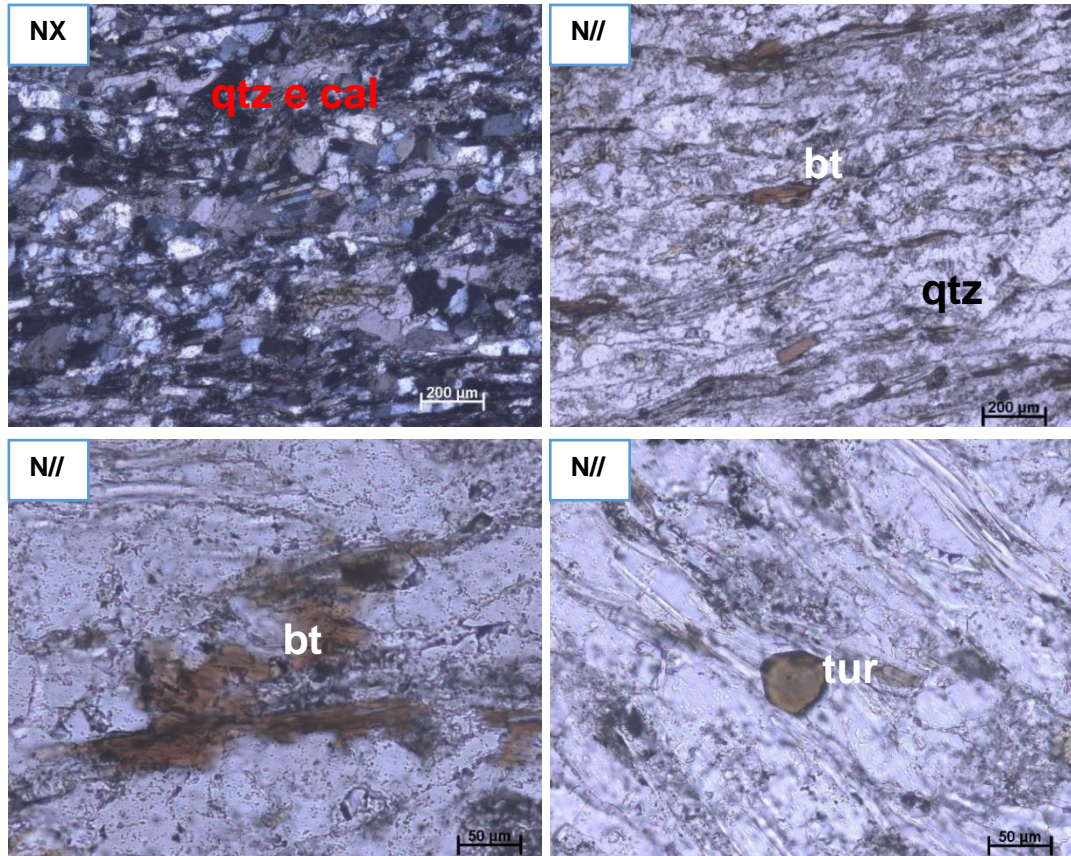


Figura 5. 21: Microfotografias de xisto quartzo-carbonatado (amostra DS2H A) evidenciando os cristais: biotite (bt), quartzo (qtz), calcite (cal) e turmalina (tur)

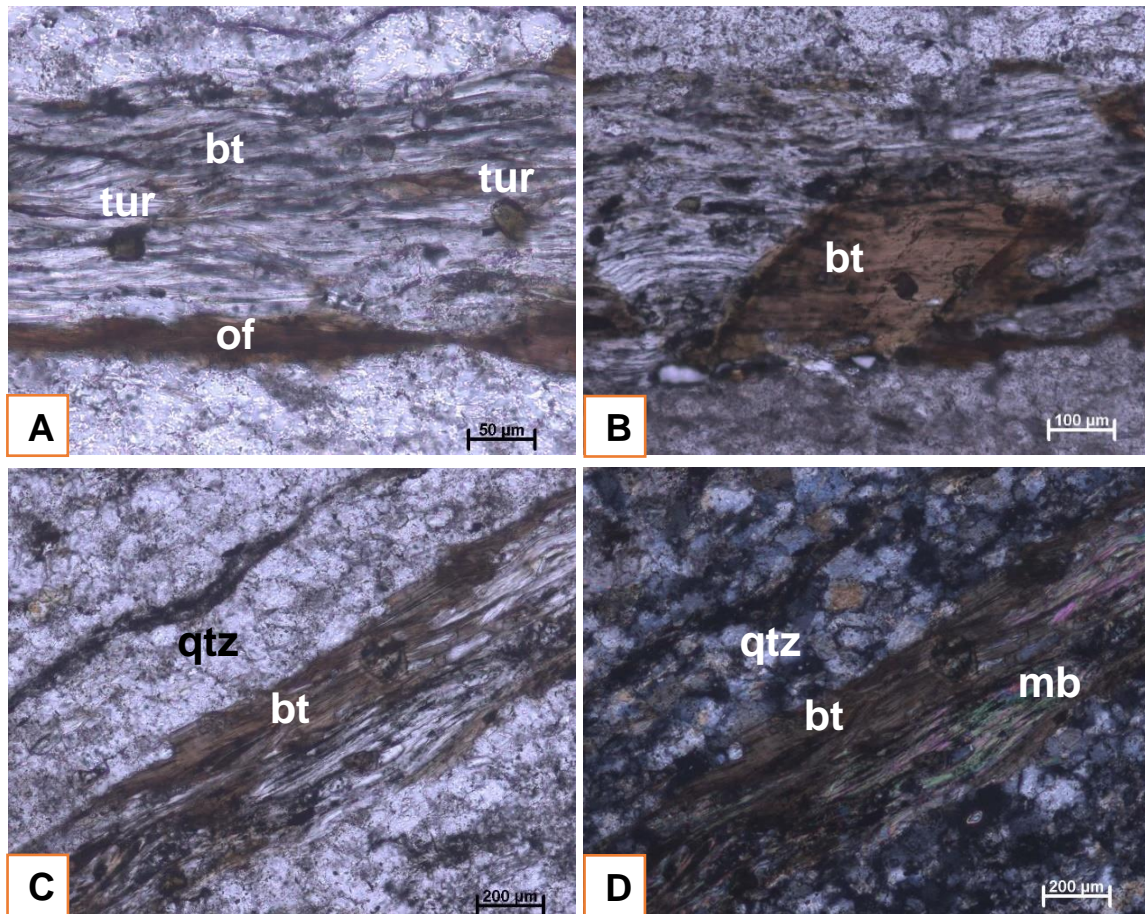


Figura 5. 22: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS2H B): A-Associação de biotite e turmalina na S_n (N//); B) porfiroblastos de biotite transversa a S_n (N//); C e D-cristais de biotite e mica branca na S_n (N// e NX). (bt-biotite, qtz-quartzo, mb-mica branca, of-óxidos de ferro e tur-turmalina).

A estrutura, textura e composição mineralógica das litologias estudadas neste afloramento (Figs 5-14 e 5.15) permitem tirar conclusões sobre a evolução das condições metamórficas. As relações de blastese com a deformação confirmaram que estas litologias foram afetadas por duas fases de deformação: D_n e D_{n+1} , sendo a blastese de biotite posterior à foliação principal S_n , paralela a S_0 . Sendo a biotite o mineral tipomorfo do pico metamórfico, confirma-se que as condições metamórficas não ultrapassaram a zona de biotite, da fácies dos xistos verdes.

Afloramento I- estrada para Hera via Fatukama

O afloramento I localiza-se a oeste do afloramento descrito anteriormente (Fig. 5.14A ponto 8). Neste afloramento afloram filitos negros que correspondem à amostra DS1I. Apresentam uma cor cinzenta a negro, sendo esta cor devida à presença de matéria orgânica (Fig. 5.23). A superfície da amostra apresenta-se alterada, com cor castanha-avermelhada. São visíveis alguns pequenos clastos de material negro (MOD). A estratificação (S_0) é bem marcada no afloramento a apresenta atitude $N166^\circ;44NE$.

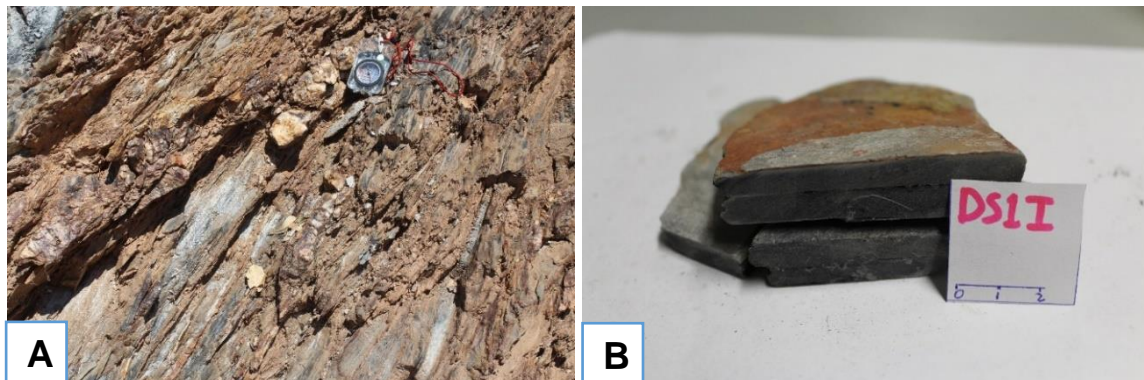


Figura 5. 23: Aspeto do afloramento do ponto I (A) e amostra de mão recolhida -DS1I- filito negro (B).

A textura da amostra é muito fina e tem caráter anisotrópico, bem evidente macroscopicamente. A anisotropia é sobretudo primária estratificação (S_0) e clivagem diagenética e marcada por MO e opacos (Fig 5.24 A). Os filossilicatos ocorrem em pequenos feixes de intercrescimento (“folia”) e são, em geral, transversos à foliação primária (Fig 5.24 B).

Quanto à mineralogia, a amostra DS1I foi observada por dois equipamentos, microscópico ótico e SEM/EDS. Na ótica foram identificados mica branca, matéria orgânica dispersa (MOD) e opacos (Fig. 5.24A e B).

Assim, no SEM/EDS foram analisados os minerais de ilmenite, mica branca de Na (paragonite), quartzo e óxido de ferro (Fig. 5.24C e D e Graf. 5.3).

É de realçar que os resultados do SEM/EDS evidenciaram que a mica branca tem uma composição com alguma percentagem de molécula paragonítica e não de moscovite.

Em relações entre a deformação com a blastese, a foliação principal (S_n) é mais uma foliação diagenética do que uma foliação metamórfica. Os intercrescimentos de filossilcatos são em geral transversa à foliação.

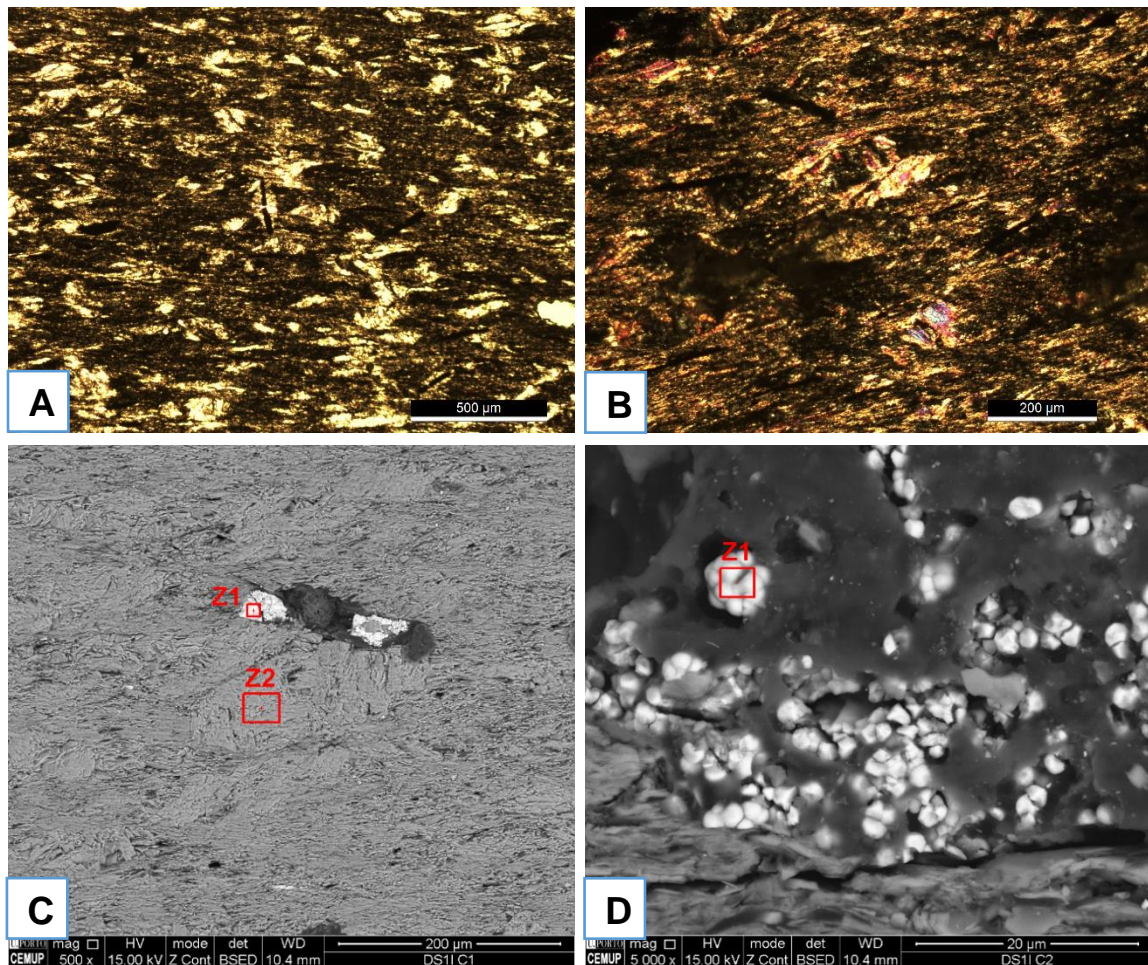
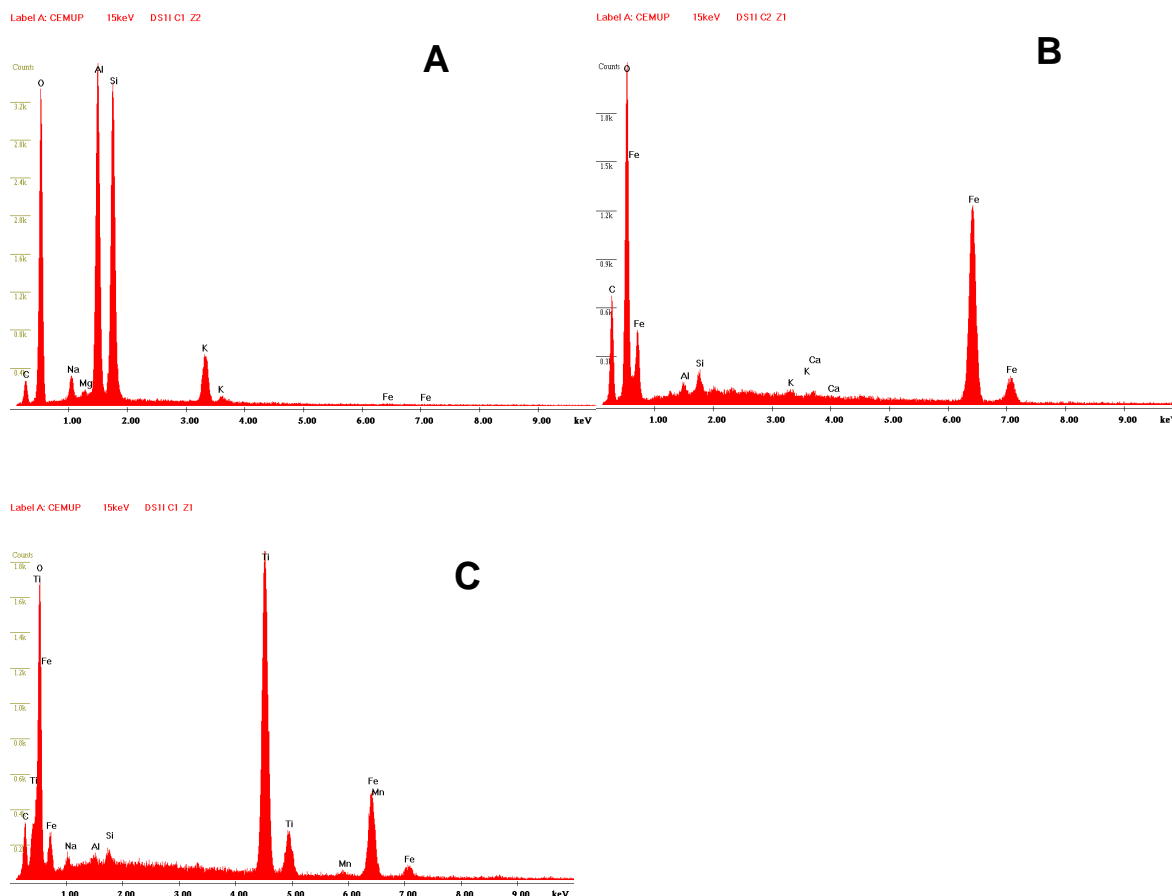


Figura 5. 24: A e B- Microfotografias de filito negro (amostra DS1I) evidenciando da concentração de micas no estudo ótico (NX); C e D- Imagens da amostra DS1I obtidas por SEM, Z1-ilmenite e Z2-paragonite (esquerda); Z1- óxido de ferro (direita);

Gráficos 5.3: Espectros dos minerais de filito negro (amostra DS1I) na análise EDS:
 A- Paragonite (Z2, Fig. 5.24 C), B- Óxido de ferro (Z1, Fig. 5.24 D) e C- Ilmenite (Z1, Fig. 5.24 C).



Afloramento J – Metiaut- estrada para Hera via Fatukama

O afloramento J localiza-se a oeste do afloramento descrito anteriormente, a leste de Díli, no posto administrativo de Cristo Rei, na estrada via Fatukama Díli para Hera, próximo da costa (Fig. 5.14A ponto 13). No local afloram quartzo-filitos, com uma anisotropia dobrada. As dobras apresentam eixos de atitude 20° para $N96^\circ$ (Fig. 5.25A).

Macroscopicamente, a amostra de quartzo-filito (DS1J) tem cor clara, granulometria fina e estrutura dobrada (Fig. 5.25B e C).

Texturalmente, a rocha possui caráter grano-lepidoblástico (Fig. 5.25D), marcada por bandas quartzosas e bandas pelíticas. As bandas pelíticas apresentam foliação principal (S_n) crenulada marcada por biotite e nas bandas quartzosas marcada por quartzo e plagioclase (Fig. 5.26).

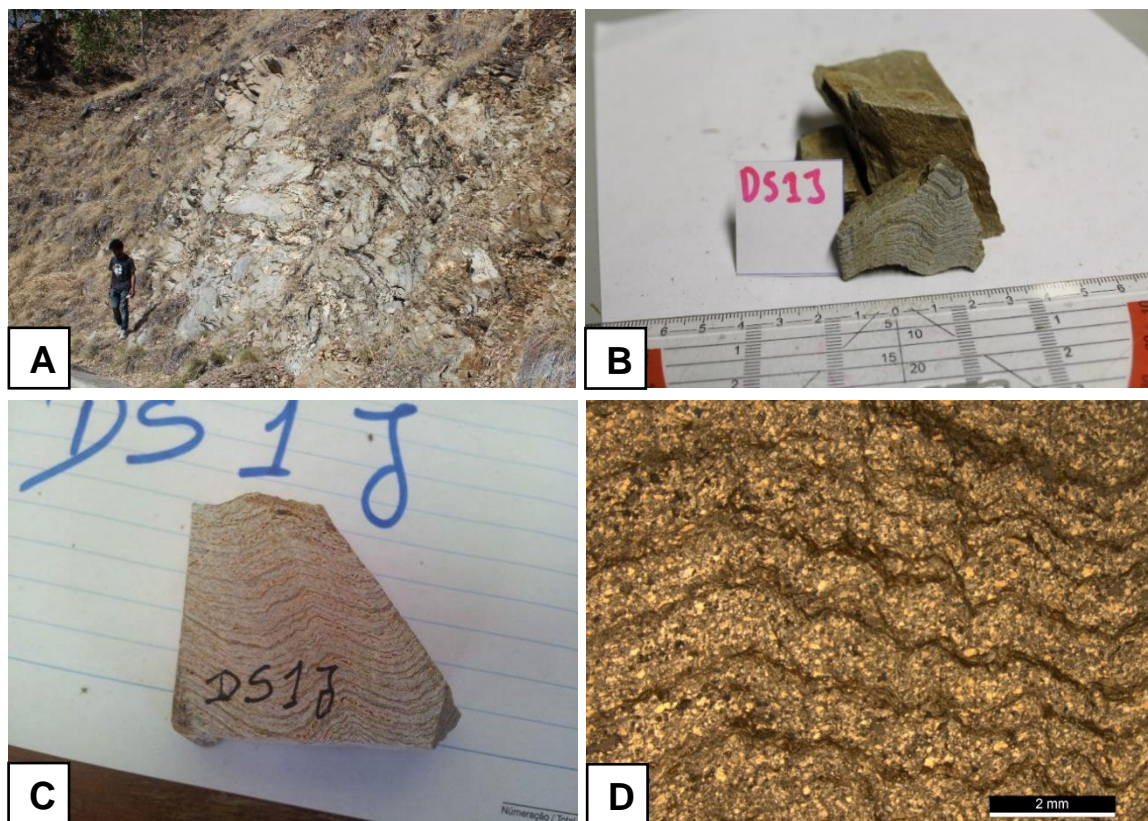
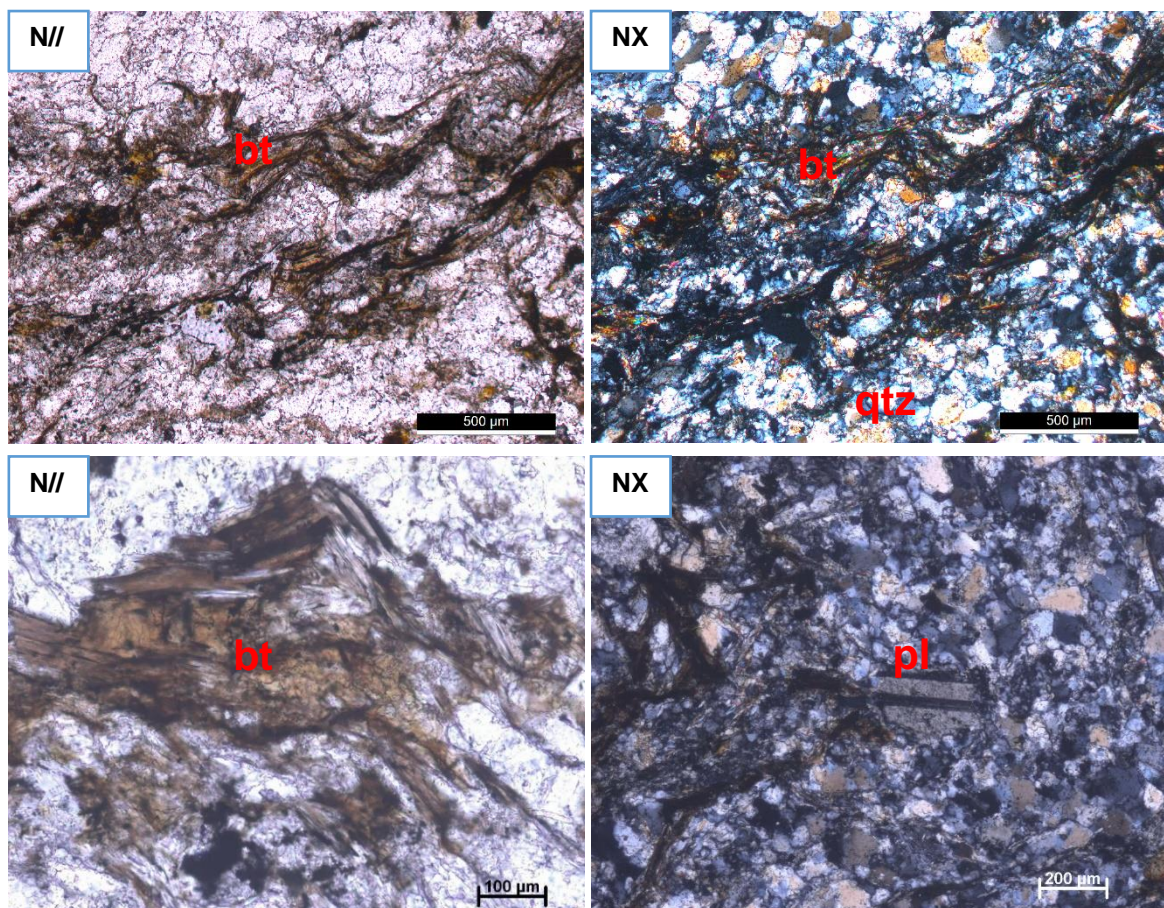


Figura 5. 25: Aspeto do afloramento do ponto J (A), amostra de mão recolhida -DS1J (B e C) e microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica (D) em N//.

Em termos mineralógicos, a amostra DS1J foi estudada em tipos de equipamentos diferentes. O estudo microscópico permitiu confirmar a ocorrência de biotite, quartzo, turmalina, zircão, plagioclase e zircão (Fig. 5.26).

O outro equipamento foi no SEM/EDS (Fig. 5.27 e Graf. 5.4), e nesta análise foram identificados a albite com inclusões de moscovite (Fig. 5.27A); rútilo encontra-se nos bordos e/ou inclusos de biotite (5.27 B); biotite concentrada na foliação principal (Fig. 27C e D).

Relativamente à caracterização de morfologia da foliação, a amostra apresenta uma foliação crenulada/dobrada marcada mais pela concentração do que pela orientação de biotite (Fig. 5.26).



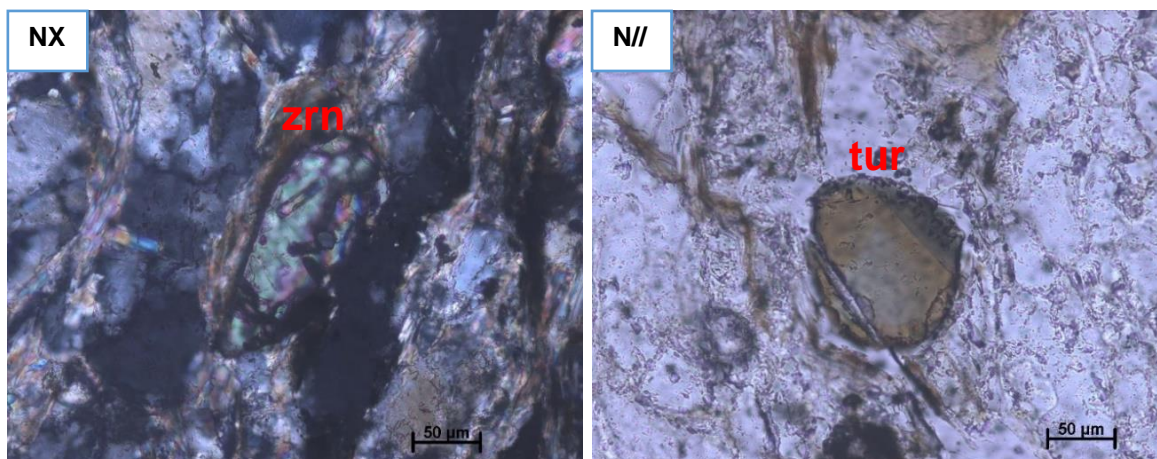


Figura 5. 26: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1J) evidenciando dos cristais: biotite (bt), quartzo (qtz), plagioclase (pl), zircão (zrn) e turmalina (tur).

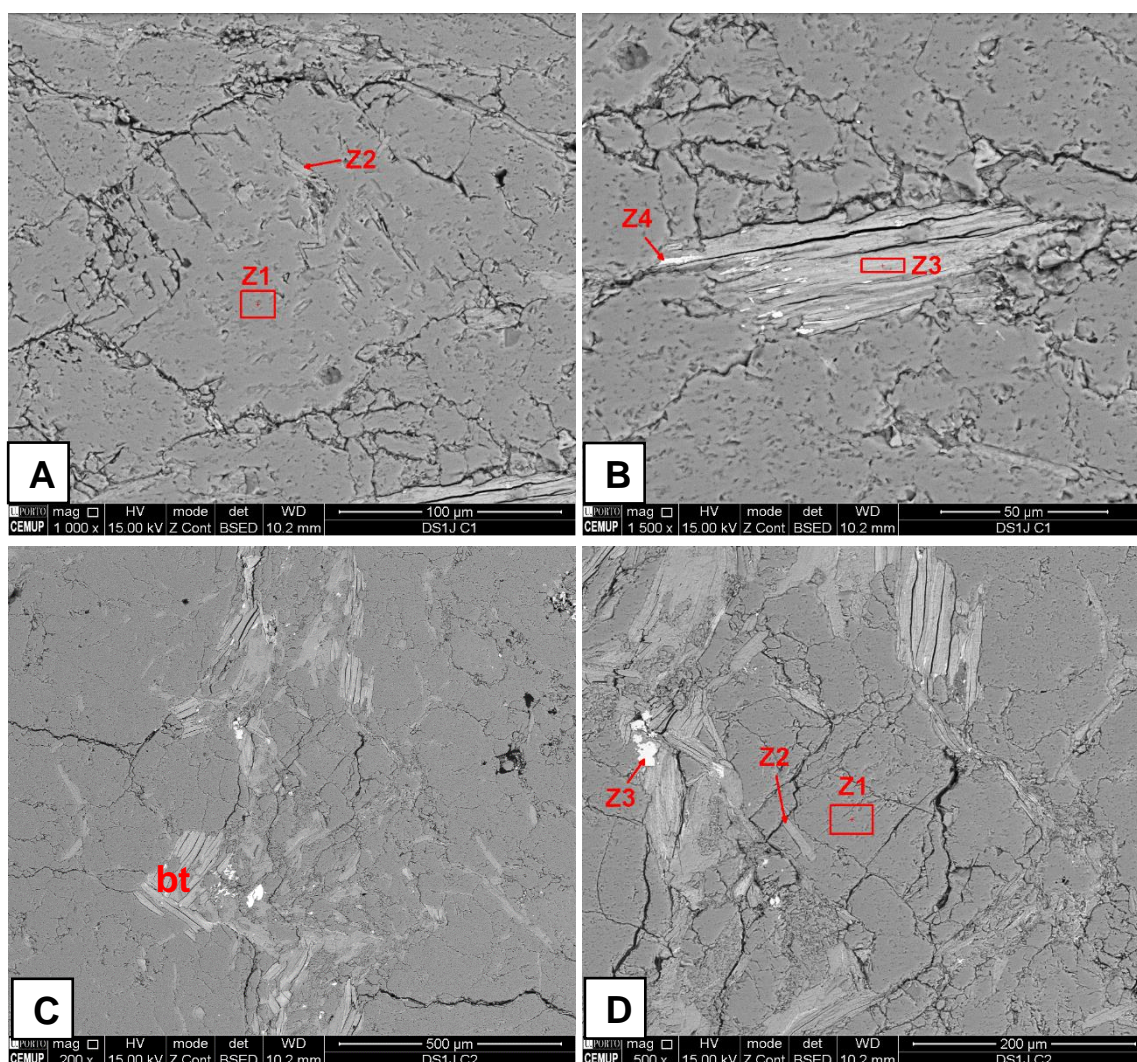
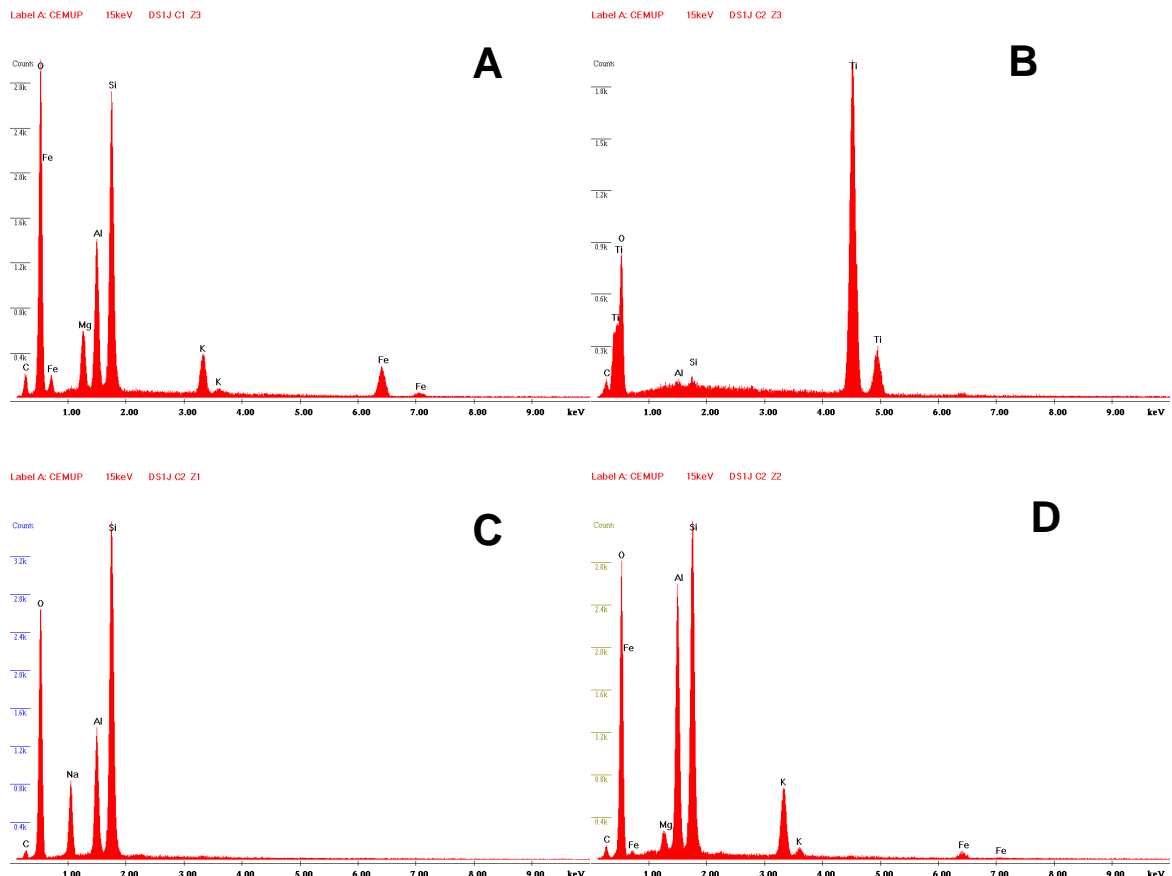


Figura 5. 27: Imagens da amostra DS1J obtidas por SEM: A) inclusão de moscovite (Z2) na albite (Z1); B) evidenciado do rútilo (Z4) nos inclusos e/ou bordos de biotite (Z3); C) concentração de bt-biotite na foliação principal; D) Z1-Albite, Z2-moscovite e Z3-rútilo.

Gráficos 5.4: Espectros dos minerais de quartzo-filito (amostra DS1J) na análise EDS, A-biotite (Z3 e bt, Fig. 5.27 B e C); B-Rútilo (Z4 e Z3, Fig. 5.24 B e D); C-Albite (Z1, Fig. 5.24 A e D); D- Moscovite (Z2, Fig. 5.24 A e D).



O estudo da textura e da mineralogia da amostra J permite tirar conclusões sobre as condições de metamorfismo, que tal como na amostra anterior não ultrapassam as condições da fácies de xisto verde na zona de biotite, significando um efeito térmico de baixo grau. Tal como no afloramento anterior a existência de uma foliação crenulada é demonstrativo da atuação das fases D₁ e D₂.

Afloramento M- Cristo Rei Dili

O afloramento M localiza-se a oeste do afloramento descrito anteriormente, no ponto 12, junto à costa próximo do Cristo Rei (Fig. 5.14A ponto 12). Neste local afloram anfibolitos intrusivos numa sequência de intercalações de filitos e quartzitos, cuja estratificação (S_0) tem atitude $N148^\circ;72NE$. As litologias amostradas foram os anfibolitos: DS1M e DS2M (Fig.5.28).

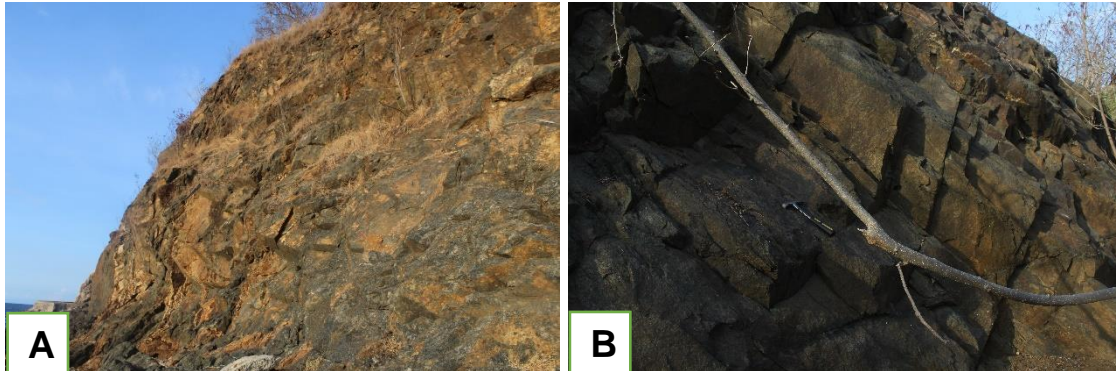


Figura 5. 28: Afloramento de anfibolitos no ponto M, onde foram recolhidas as amostras DS2M (A) e DS1M (B).

Amostra DS1M

A amostra DS1M é um anfibolito de granularidade grosseira. Macroscopicamente os minerais são bem identificáveis: os minerais claros correspondem a plagioclase e os verdes correspondem a anfíbolos (Fig.5.29 A).

Microscopicamente, o anfibolito (DS1M) possui uma textura granoblástica heterogranular, marcado essencialmente por cristais de plagioclase e anfíbolos de diferentes dimensões (Fig.5.29 B).

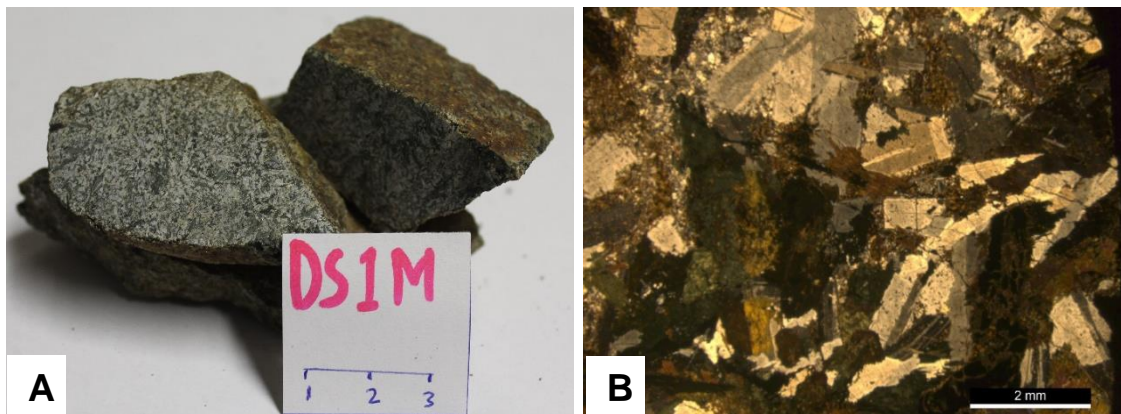


Figura 5. 29: Amostra DS1M - anfibolito: A) Amostra de mão B) microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular em NX.

Em termos mineralógicos a amostra apresenta anfíbola verde (horneblenda) e plagioclase, como minerais principais, ambos sem orientação preferencial. Existe também biotite, sem orientação preferencial em concentrações de pequenos cristais, adjacentes a zonas ricas em quartzo, com textura granoblástica fina. Ocorrem ainda apatite e opacos. A rocha é isotrópica mas apresenta composição e textura não homogénea (Fig.5.30).

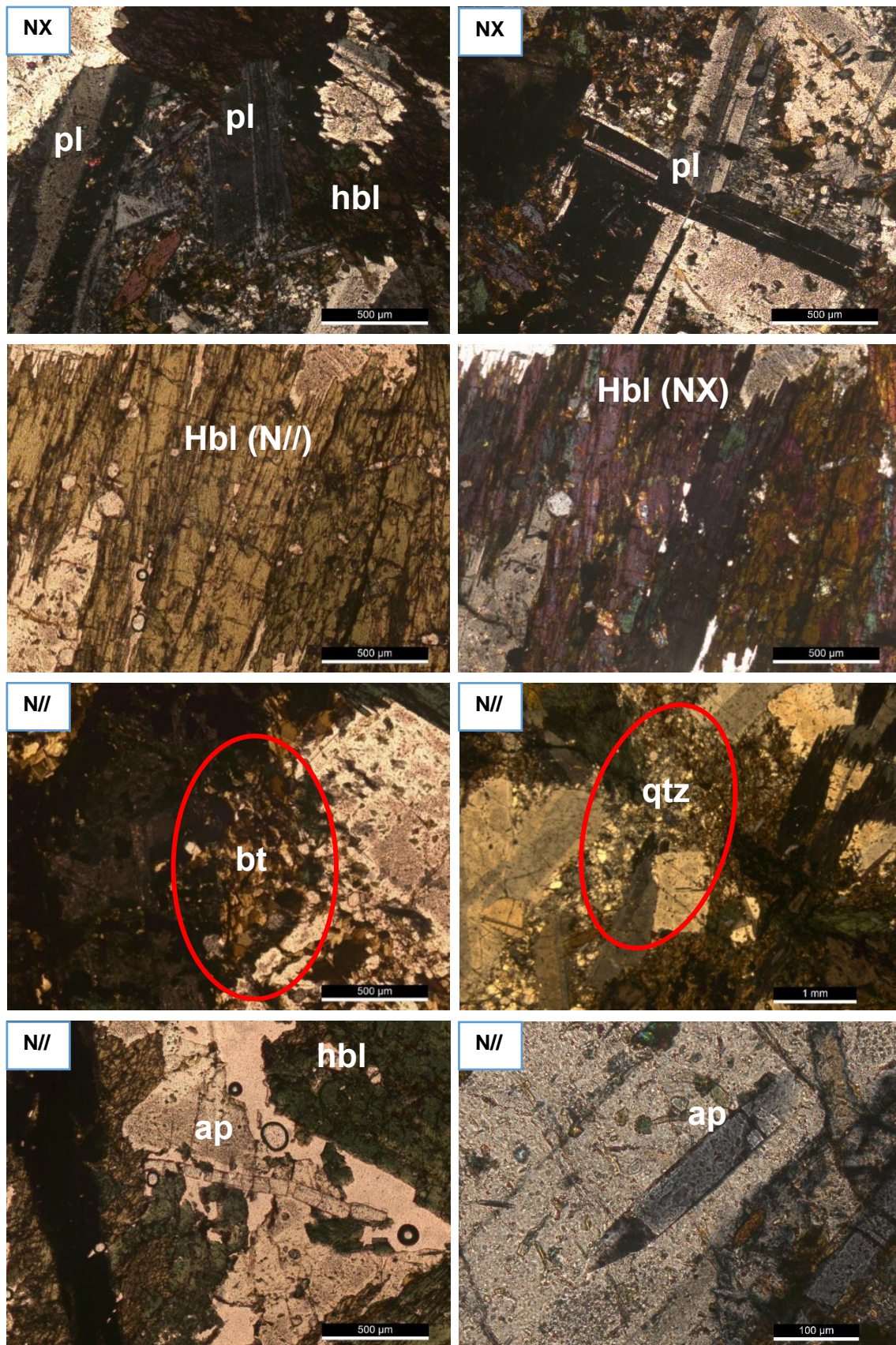


Figura 5. 30: Microfotografias de anfíbolitos (amostra DS1M) evidenciando os cristais: hornblenda (hbl), plagioclase (pl), apatite (ap), biotite (bt) e quartzo (qtz).

Amostra DS2M

A amostra DS2M é semelhante com a amostra anterior (DS1M), mas apresenta granularidade mais grosseira. Este anfibolito também possui textura granoblástica heterogranular (Fig.5.31), marcado por cristais de plagioclase e anfíbolos com diferentes dimensões.

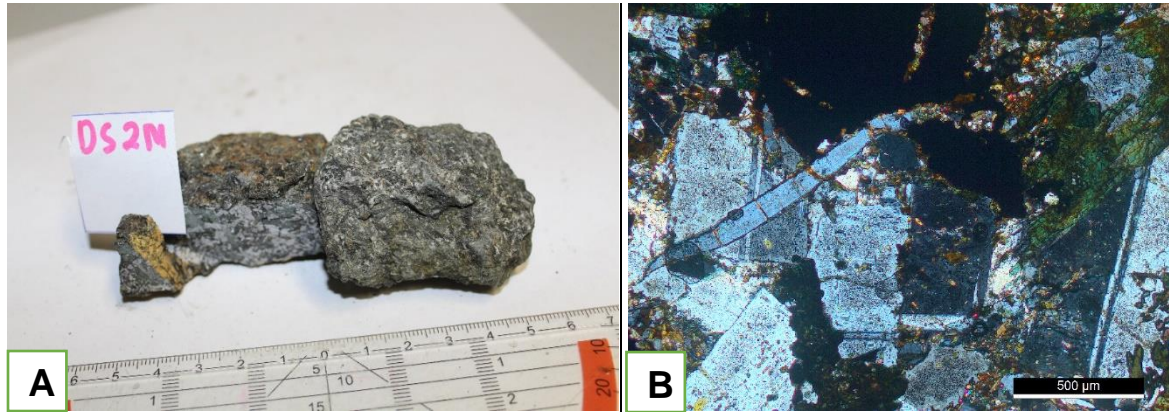


Figura 5. 31: Amostra DS2M – anfibolito: A) Amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura granoblástica em NX.

A composição mineralógica desta amostra foi analisada pelos dois equipamentos utilizados, nomeadamente no microscópio ótico e no SEM/EDS.

No primeiro foram caracterizados a ocorrência de anfíbola verde; plagioclase: apresenta maiores cristais na amostra e não representa nenhuma orientação preferencial; apatite; biotite: sem orientação preferencial; quartzo: apresenta-se na matriz; zircão: associados com biotite; granada e opacos (Fig. 5.32). Tal como na amostra anterior a biotite ocorre em cristais pequenos e aglomerados em associação com quartzo granoblástico.

No segundo (Fig. 5.33 e Graf. 5. 5), foram analisados os minerais de hornblenda (anfíbolos verdes): tem intercrescimento de quartzo; anortite (plagioclase); anortite rica em elementos de terras raras leves: apresenta-se em cristais e também encontra-se em inclusões de quartzo e hornblenda (Graf. 5.5F e Tab. 5.1); zircão: encontra-se associados com a biotite, o quartzo, a hornblenda e a anortite; associação de óxido de ferro e ilmenite (Fig. 5.33 A) em que, o óxido de ferro: tem inclusões de esfena, e a ilmenite: tem inclusões de esfena, apatite, quartzo e biotite; apatite: apresenta-se em cristais grandes e também desenvolve-se em inclusões de ilmenite; e pumpleite.

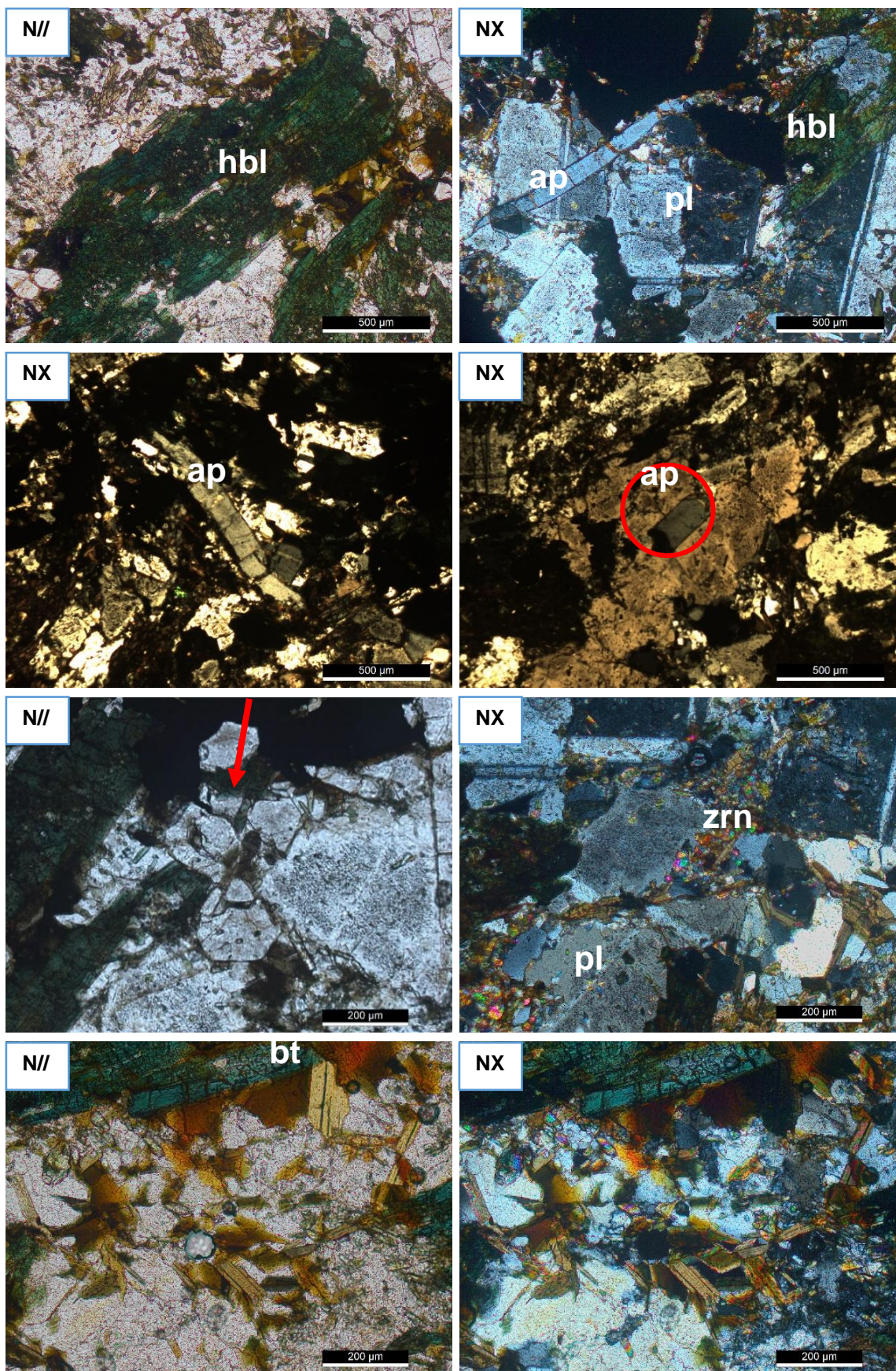


Figura 5. 32: Microfotografias de anfibolitos (amostra DS2M) evidenciando os cristais hornblenda (hbl), plagioclase (pl), apatite (ap), biotite (bt), quartzo (qtz), zircão (zrn) e a seta vermelha é granada.

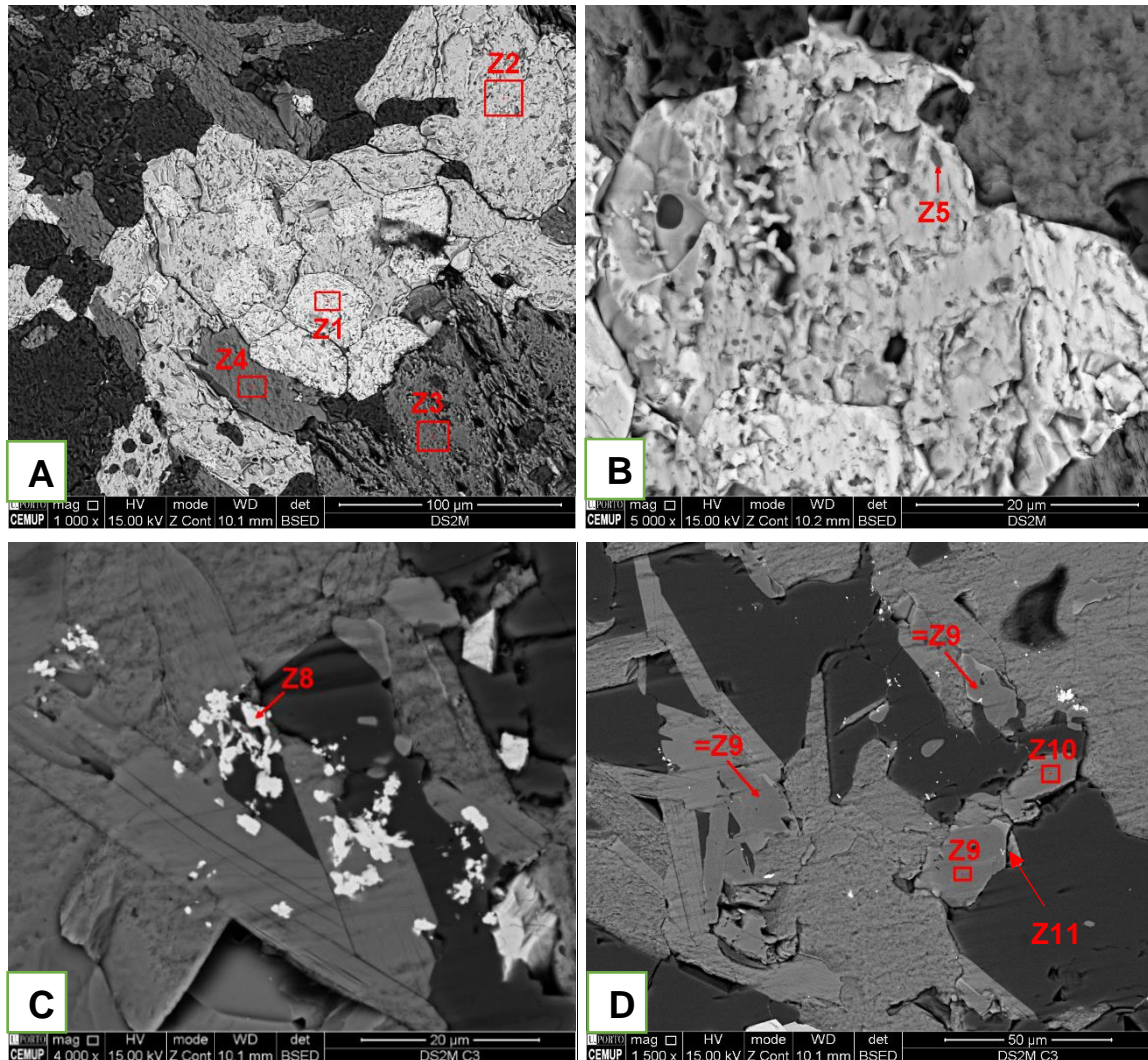


Figura 5. 33: Imagens da amostra DS2M obtidas por SEM, A) Z1- Óxido de ferro; Z2- Ilmenite; Z3-Anfíbolos; Z4-Biotite; B) Z5- inclusão de esfena na ilmenite; C) Z8-zircão associados com biotite e hornblenda; D) Z9 - anortite com bordos ricos em elementos de terras raras leves Z11; Z10 – pumpleite.

Gráficos 5.5: Espectros dos minerais de anfibolitos (amostra DS2M) na análise EDS: A- óxido de ferro (Z1, Fig. 5.33A); B- ilmenite (Z2, Fig. 5.33A); C- zircão (Z8, Fig. 5.33C); D- pumpleite (Z10, Fig. 5.33D); E- anortite (Z9, Fig. 5.33D); F- anortite com REE (Z11, Fig. 5.33D).

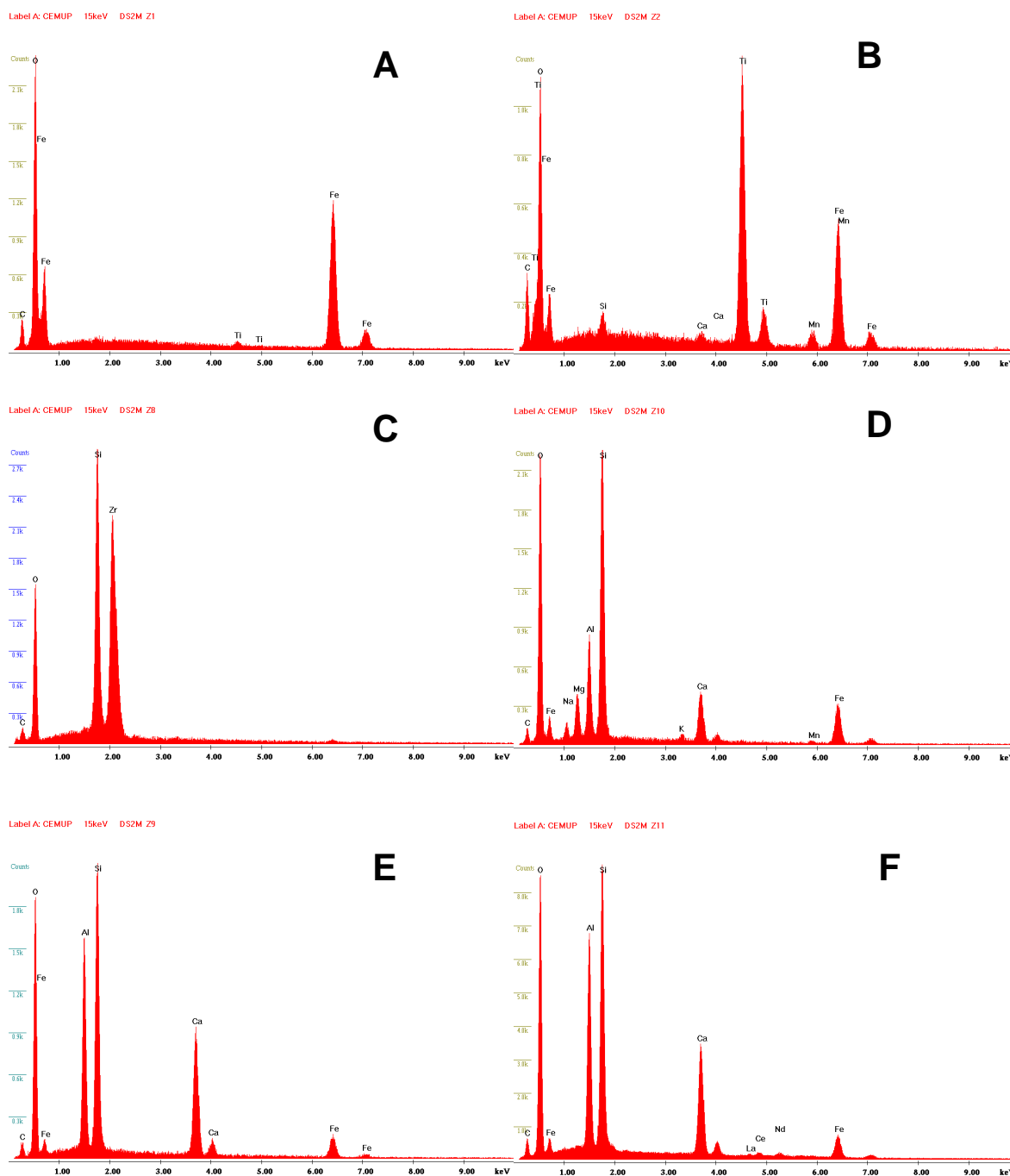


Tabela 5.1: Registo de percentagem dos elementos de anortite com ETR (Z11, Fig. 5.33D e Graf. 5.5F).

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C	5.27	9.87	0.0110	1.0719	0.1940	1.0005
O	39.03	54.90	0.1292	1.0515	0.3146	1.0004
Al	11.97	9.98	0.0827	0.9748	0.7051	1.0052
Si	17.06	13.67	0.1244	1.0017	0.7273	1.0013
Ca	12.49	7.02	0.1172	0.9690	0.9623	1.0062
La	1.10	0.18	0.0082	0.7169	1.0250	1.0102
Ce	2.18	0.35	0.0163	0.7199	1.0275	1.0108
Nd	1.46	0.23	0.0109	0.7164	1.0307	1.0120
Fe	9.45	3.81	0.0818	0.8750	0.9902	1.0000
Total	100	100				

Os estudos das texturas e mineralogias permitiram tirar conclusões que, a textura granoblástica/granoclástica grosseira dos minerais hornblenda e plagioclase foram herdadas do protólito ígneo e não marca o metamorfismo. Quanto a textura granoblástica fina de biotite e quartzo é metamórfica e típica à fácies dos xistos verdes, o que está de acordo com as mineralogias das rochas pelíticas adjacentes. Esta textura tem uma relação mais tardia com a primeira (Figs. 5.30 e 5.32).

Relativamente à concentração da anortite com elementos terras raras leves (TRL), de acordo com (Bea, 1996, p. 524) a plagioclase pode contêm teores de TRL leves bastante mais elevados do que os teores em terras raras pesadas (TRP) (Ilust. 1).

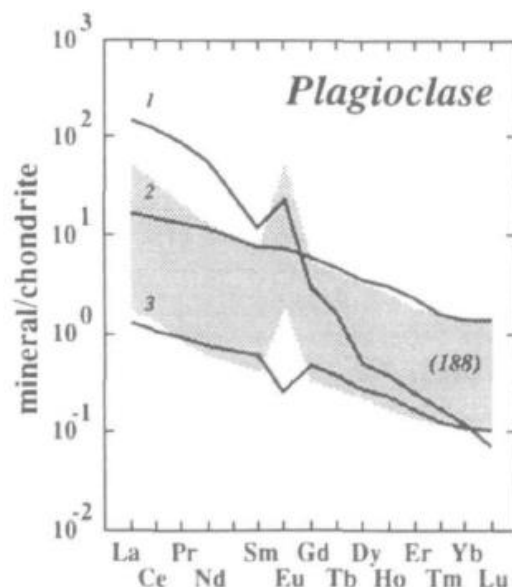


Ilustração 1: Gráficos das ocorrências de ETR na plagioclase; 1-Granulito com epidoto, e 3-rochas per-aluminosas.

Afloramento L- Metiaut- estrada para Cristo Rei

O afloramento L encontra-se a parte Leste de Díli no suco de Metiaut (Fig. 5.14A ponto 7). O afloramento apresenta rochas metassedimentares com foliação bem marcada, essencialmente quartzo-filitos, nos quais foi colhida a amostra DS1L (Fig 5.34A e B).

À escala microscópica, a rocha possui uma textura grano-lepidoblástica, marcada por leitos finos de micas e bandas quartzosas. Nestes níveis micáceos concentram-se as micas brancas e biotite com carater mimético sobre esta foliação principal. As bandas quartzosas apresentam foliação anastomosada e nos contactos entre grãos adjacentes de quartzo há evidências de dissolução por pressão, resultando no estiramento de quartzo alongado paralelamente a S_n (Fig 5.34B e C). Em termos mineralógicos, a amostra apresenta concentração de micas brancas; biotite; turmalina; quartzo, plagioclase, zircão, calcite, opaco e esfenas (Fig 5.35).

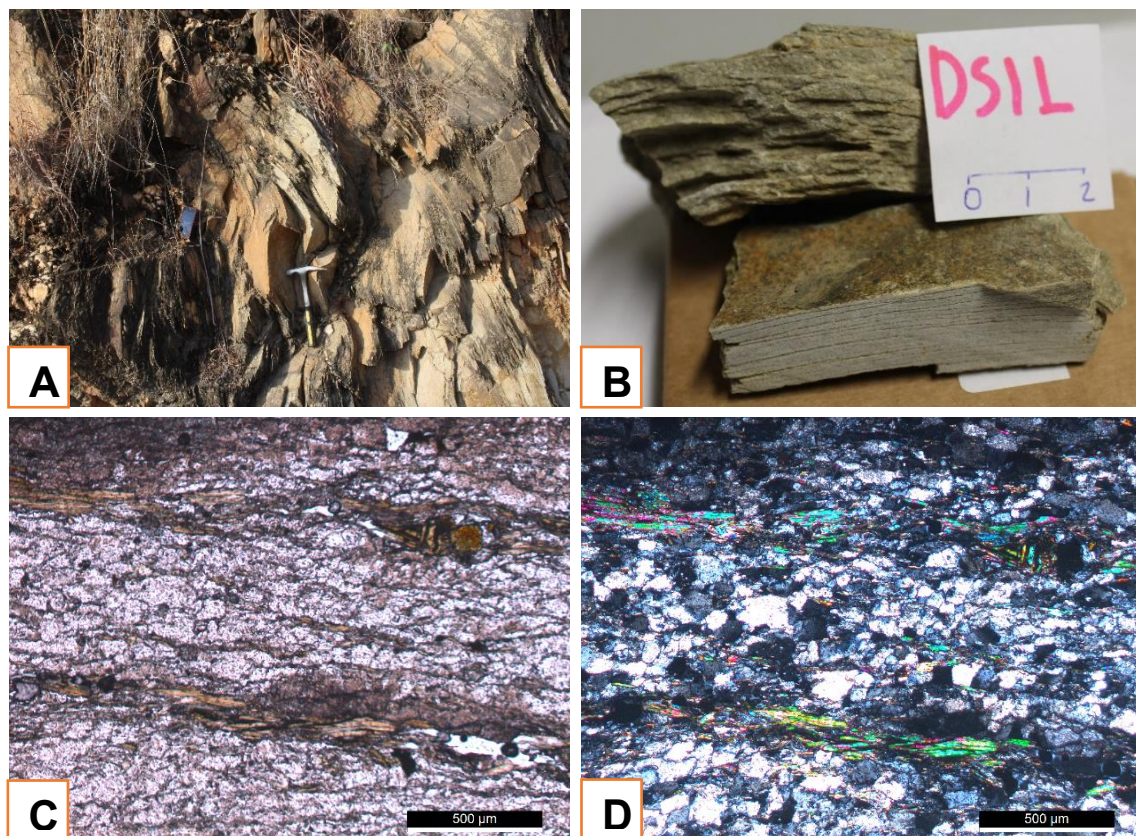


Figura 5. 34: Amostra DS1L- quartzo- filito: A) afloramento L, onde foi recolhida a amostra; B) amostra de mão; C e D) microfotografias evidenciando textura grano-lepidoblástica marcada na microscópica ótica N// (esquerda) e NX (direita).

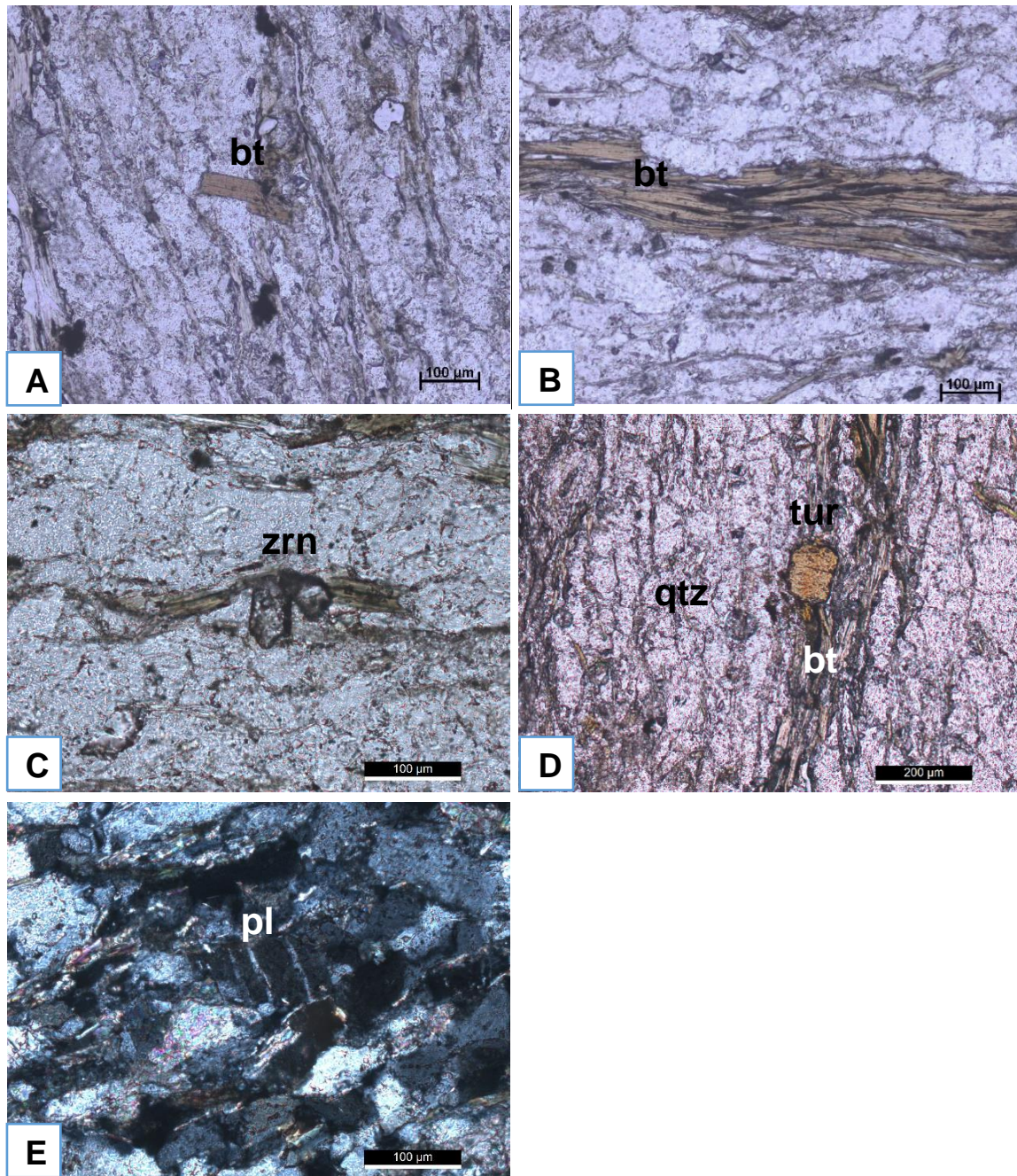


Figura 5. 35: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1L) evidenciando os cristais: A) biotite (bt) transversa à S_n (N//); B) biotite mimética concentrada sobre S_n (N//); C) zircão (zr) associado com biotite na S_n (N//); D) turmalina (tur) associada com biotite na S_n (N//); E) plagioclase (pl) nas bandas mais quartzosas (NX).

Afloramento K- Metiaut

O afloramento K localiza-se a oeste do afloramento descrito anteriormente, no ponto 6, suco de Metiaut do município de Dili e posto administrativo de cristo rei, parte Leste de Díli (Fig. 5.14A ponto 6). Trata-se de um afloramento englobando essencialmente rochas de natureza pelítica, intercaladas por alguns níveis carbonatados (Fig. 5.36A). As estruturas evidentes no afloramento são a estratificação (S_0) com atitude de $N082^\circ;70SE$ e nos níveis mais pelíticos existem filonetes de calcite com estrutura dobrada com eixo 20° para $N070^\circ$ (Fig. 5.36B).

Dada a heterogeneidade composicional neste afloramento foram colhidas três amostras: DS1K (A), DS1K (B) e DS2K.

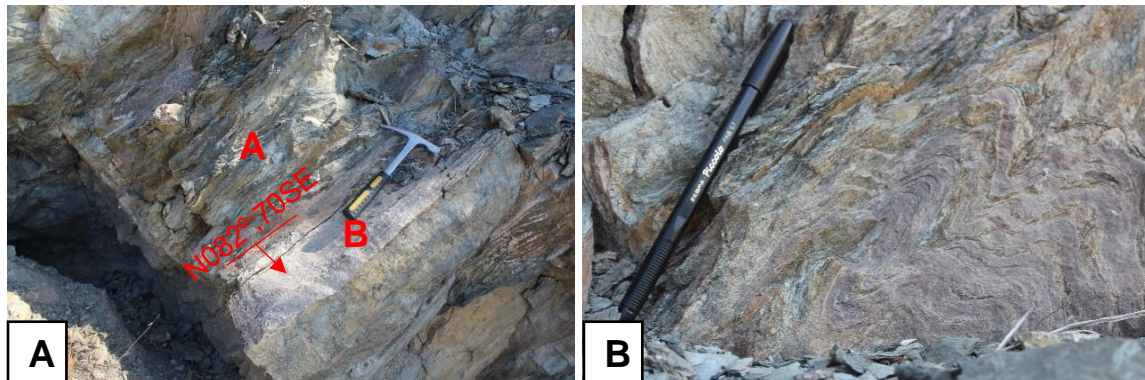


Figura 5. 36: A) afloramento K, onde foram recolhidas as amostras DS1K(A)- (A), DS1K(B)- (B); B) Microdobra afetando filonetes de calcite, no afloramento na amostra DS1K(A).

Amostra DS1K(A)

A amostra DS1K(A) é uma rocha cor cinza escuro, com granularidade fina. Trata-se como uma rocha quartzo-filito (Fig. 5.37 A).

Microscopicamente, o quartzo-filito (DS1KA) possui uma textura grano-lepidoblástica (Fig. 5.37 B), marcada por bandas composicionais muito bem marcadas. Existem bandas essencialmente quartzosas, onde a foliação principal (S_n) é uma clivagem de crenulação, marcada por MO e com biotite de caracter mimética sobre essa foliação. A foliação principal (S_n) delimita *microlithons*, no interior dos quais há uma foliação crenulada anterior (S_{n-1}) (Fig. 5.38). Nestas bandas mais quartzosas são abundantes o epídoto e a calcite.

Nas bandas mais pelíticas, a foliação principal (S_n) apresenta-se crenulada pela deformação de D_{n+1} , marcando pontualmente uma clivagem incipiente S_{n+1} , marcada sobretudo por concentração de matéria orgânica. A biotite mimética sobre S_n parece por vezes ser paralela a S_{n+1} (Figs. 5.38 e 5.39 e Diag. 5.3).

Em termos de mineralógicos também se encontra esfena tanto nas bandas mais quartzosa e mais pelíticas. Esta mineralogia tem carácter tardio relativamente às deformações existentes na amostra (Fig. 5.39).

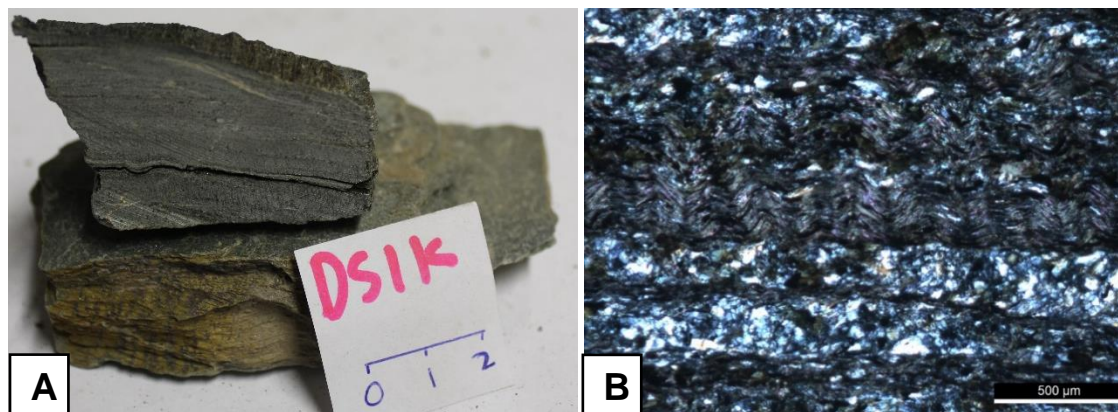


Figura 5. 37: Amostra DS1K A – quartzo-filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grão-lepidoblástica (NX).

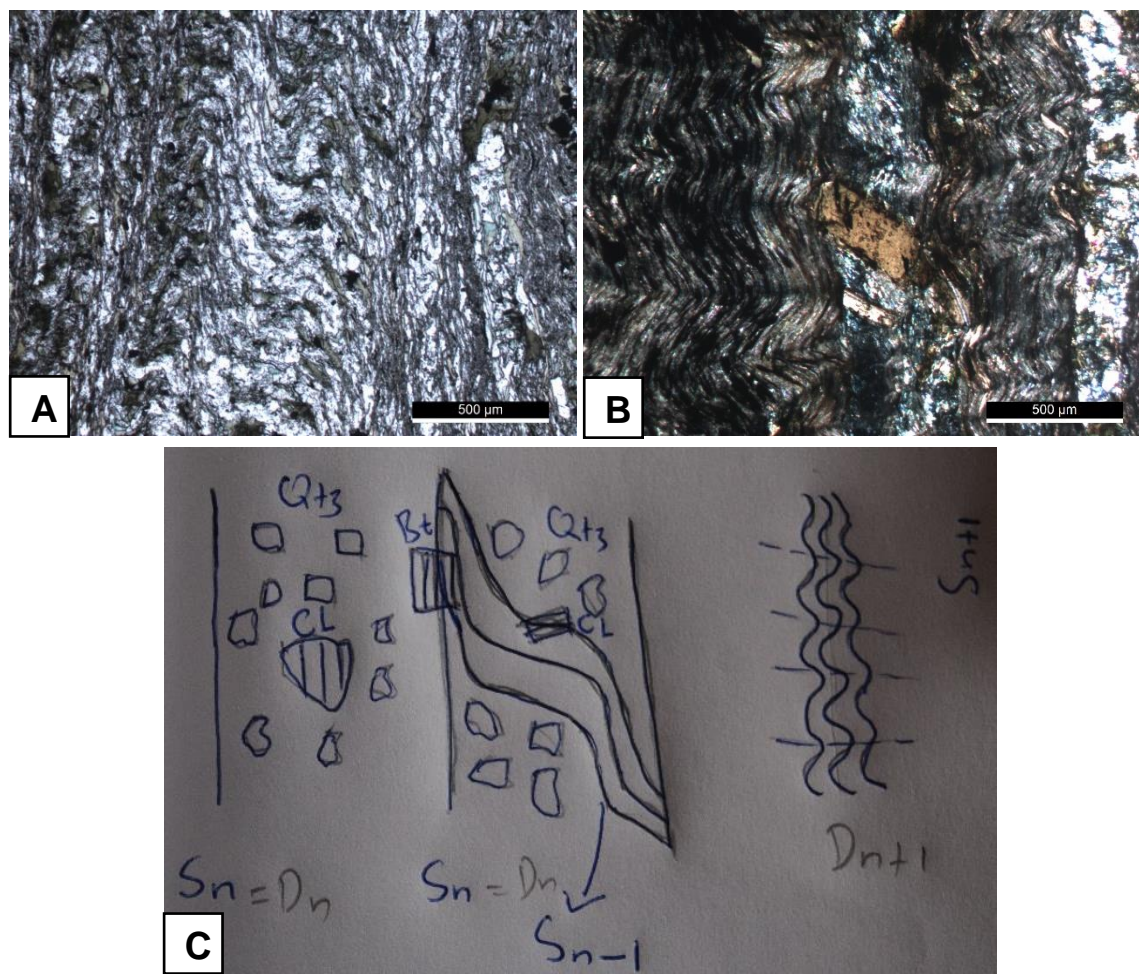


Figura 5. 38: Morfologia das foliações de quartzo-filito (amostra DS1KA): A) Bandas quartzosas apresentam S_n como clivagem de crenulação, afetando uma clivagem anterior (S_{n-1}) crenulada no interior dos microlithons (N//); B) Bandas pelíticas, onde S_n está crenulada e desenvolve-se outra foliação S_{n+1} e biotite em caráter mimético sobre S_n (NX); C) Esquema das foliações das duas fotos superiores.

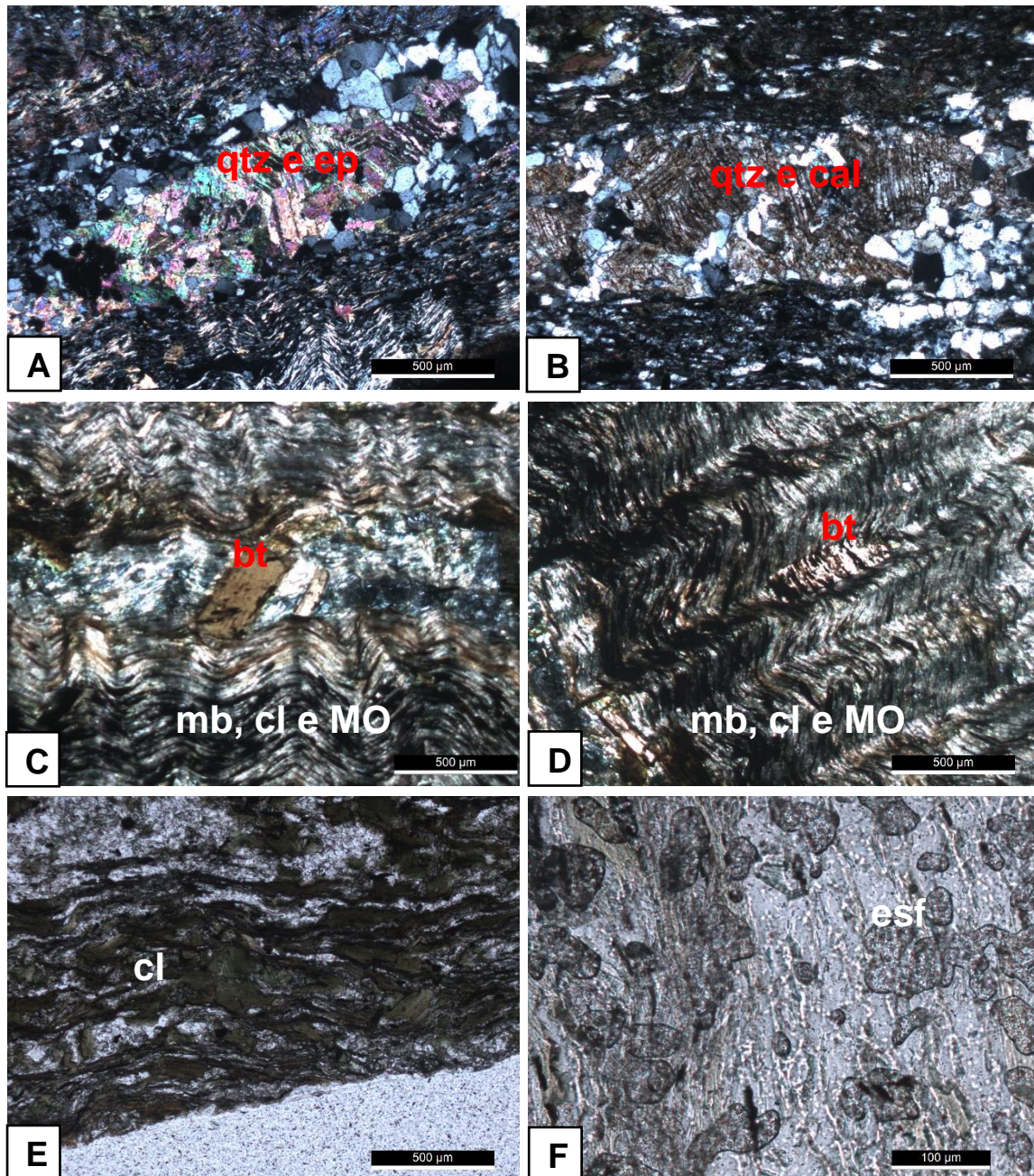
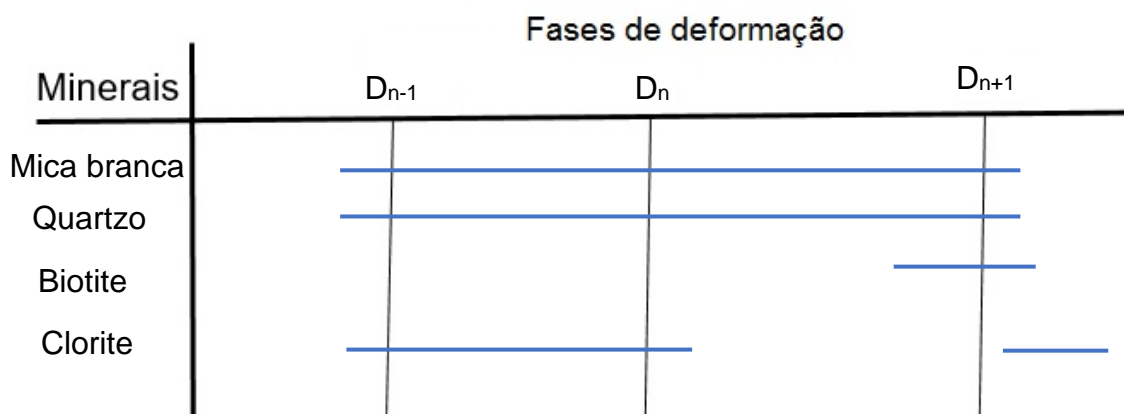


Figura 5. 39: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1KA): A e B- bandas quartzosas com concentrações de quartzo (qtz), epídoto (ep) e calcite (cal) em NX; C- biotite (bt) em carater mimética sobre bandas quartzosas (NX); D (NX) e E (N//) - bandas pelíticas com concentração de mica branca (mb), clorite (cl) e matéria orgânica (MO) na S_n e biotite em carater de mimética sobre S_n e alinhada paralelamente a S_{n+1} . F) Esfena (esf) (N//).

Diagrama 5.3: Relações entre deformação e blastese no quartzo-filito (amostra DS1K(A)).



Amostra DS1K(B)

Esta amostra encontra-se intercalada nos níveis da amostra anterior (Fig. 5.36 A). O estudo microscópico mostrou uma mineralogia que corresponde à litologia de mármore impuro. A textura é granoblástica heterogranular, marcada por grãos de calcite e quartzo com diferentes dimensões (Fig. 5.40B).

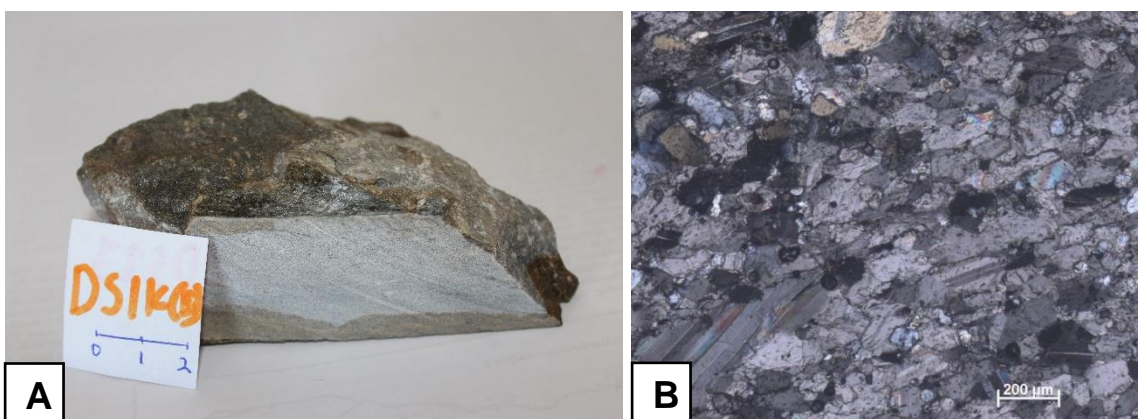


Figura 5. 40: Amostra DS1K B - mármore impuro: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular do mármore (NX).

Em termos à mineralogia, esta rocha possui calcite e quartzo, em grãos hererogranulares diferentes grãos (Fig. 5.41). A percentagem de calcite é bastante superior à do quartzo.

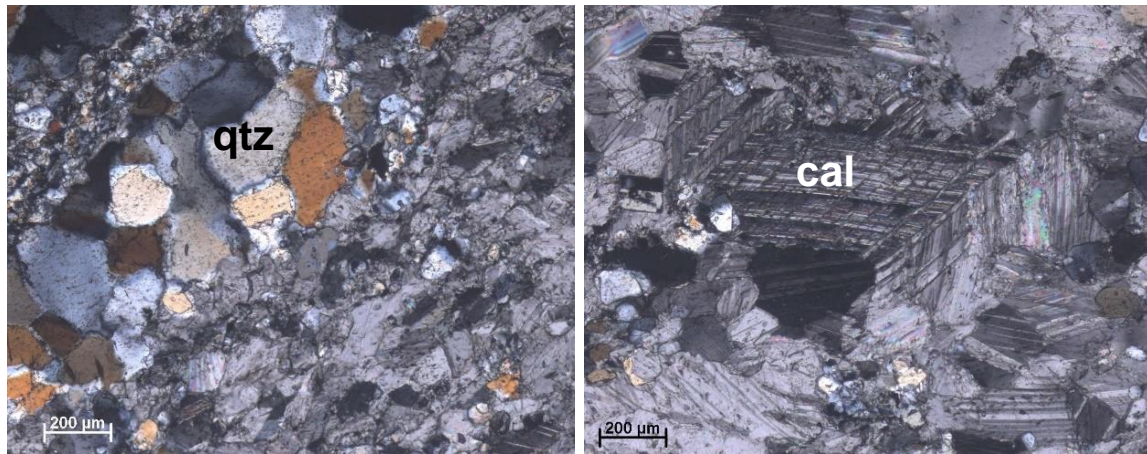


Figura 5. 41: Microfotografias de mármore (amostra DS1K B) evidenciando os cristais quartzo (qtz) e calcite (cal) de diferentes dimensões (NX).

Amostra DS2K

A amostra DS2K encontra-se na mesma local das amostras anteriores (DS1KA e DS1KB). A amostra apresenta granulometria fina e cor cinza. Trata-se de um filito cinzento. (Fig. 5.42).



Figura 5. 42: Amostra de filito (DS2K).

A textura é grano-lepidoblástica, marcada pelos leitos de micas e alternando com leitos mais quartzosos (Fig. 5.43).

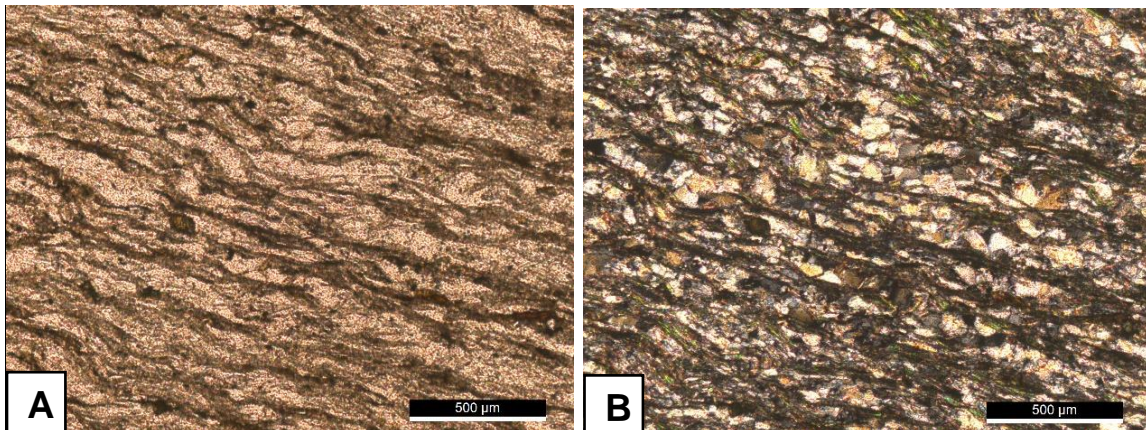


Figura 5. 43: Microfotografias evidenciando textura grano- lepidoblástica A-N// B- NX.

Relativamente à composição mineralógica esta rocha apresenta (Figs. 5.44 e Fig. 45): quartzo e calcite, sendo que os níveis mais quartzosos marcam a estratificação (S_0); a biotite e a mica branca concentram-se na foliação principal (S_n) crenulada pela deformação de D_{n+1} . A biotite é mimética sobre S_n e desenvolve arcos poligonais nas charneiras no microdobramento da fase D_{n+1} .

A bastese de biotite é pós- cinemática relativamente a D_n e sin-cinemática relativamente a D_{n+1} (Fig. 5.45 e Diag. 5.4); também é possível encontrar cristais de zircão e turmalina.

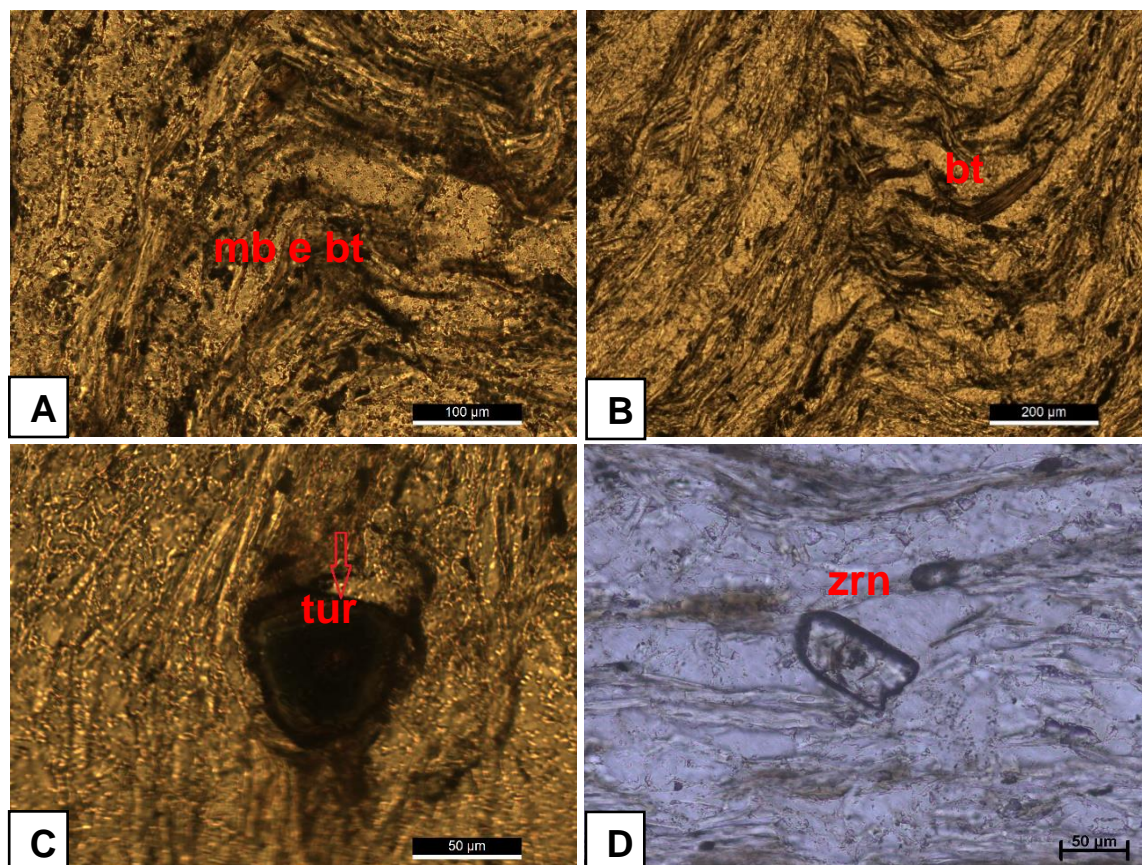


Figura 5. 44: Microfotografias de filito (amostra DS2K) evidenciando os cristais A) mica branca (mb) e biotite (bt) concentram-se na foliação principal (S_n) (N//); B) biotite mimética na zona de charneira (N//); C) turmalina (tur) (NX); D) zircão (zrn) (NX).

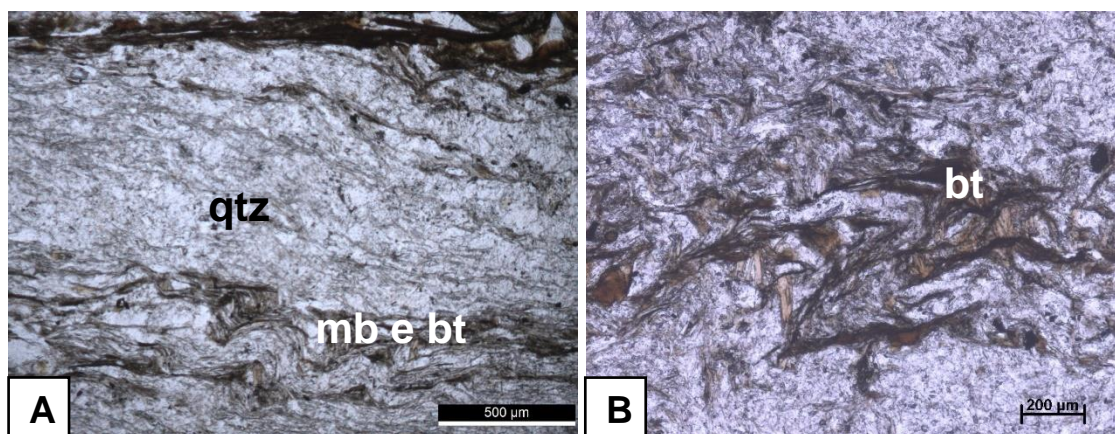
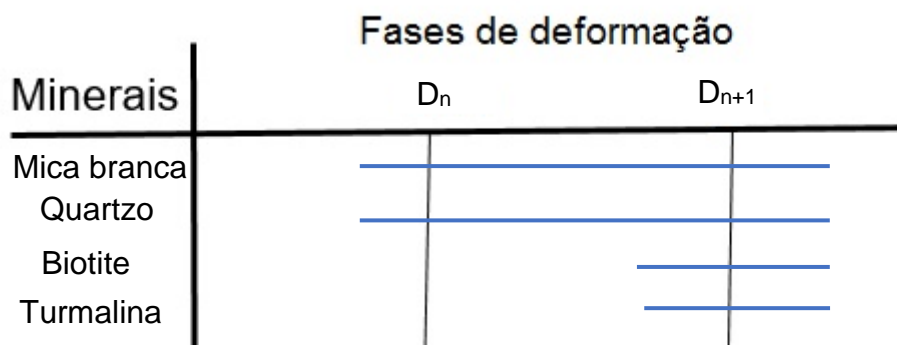


Figura 5. 45: Microfotografias da relação de morfologia da foliação do filito (amostra DS2K), A- a foliação principal marcada pelas micas branca e biotite mimética (S_0/S_n) (N//); B- biotite nas zonas de microcharneira a definir arcos poligonais. Mica branca (mb), biotite (bt) e qtz (quartzo) (N//).

Diagrama 5.4: Relações entre deformação e blastese na amostra DS2K



A estrutura, textura e composição mineralógica das litologias estudadas neste afloramento (Fig. 5.36) permitem tirar conclusões sobre a evolução das condições metamórficas. As relações de blastese com a deformação confirmaram que estas litologias foram afetadas por três fases de deformação: D_{n-1} , D_n e D_{n+1} . Eventualmente a foliação S_{n-1} corresponde a uma clivagem diagenética e não a uma foliação deformacional. Sendo a biotite o mineral tipomorfo do pico metamórfico, confirma-se que as condições metamórficas não ultrapassaram a zona de biotite, da fácies dos xistos verdes.

Afloramento F- Tasi tolu

Este afloramento encontra-se na leste do suco de Tibar do município de Liquiça, a oeste de Díli, junto à costa, próximo da estátua de João Paulo II, em Tasi-Tolu (Fig. 5.46A ponto 5). O afloramento é essencialmente constituído por rochas de natureza pelítica. A sua estratificação (S_0) é paralela à foliação com atitude de $N124^{\circ};70NE$ (S_0/S_n).

Neste local foram recolhidas três amostras: DS1F, DS2F e DS3F (Fig. 5.46B e C), em virtude de existir grande heterogeneidade composicional do afloramento.

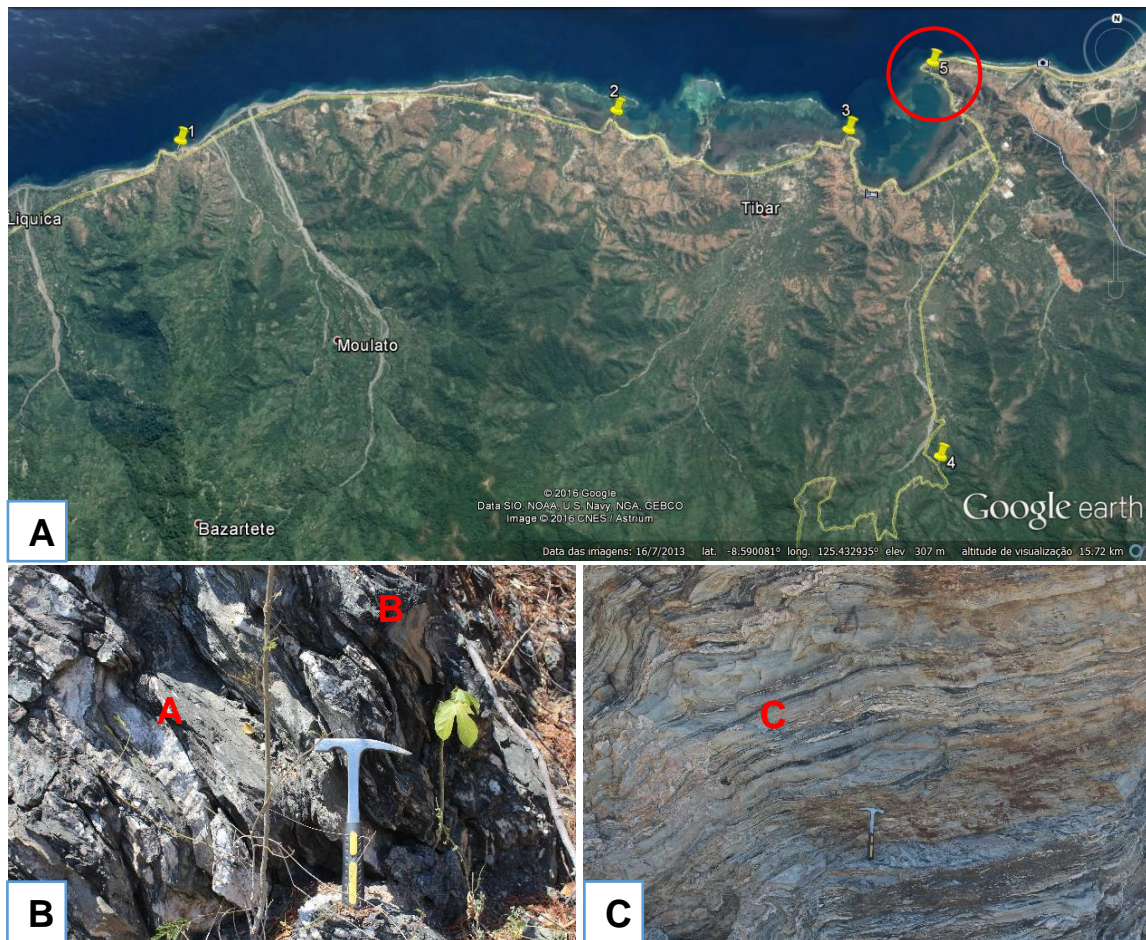


Figura 5. 46: A) Localização dos pontos de amostragem: 5, 4, 3, 2e 1, onde foram recolhidas as seguintes amostras: DS1F, DS2F e DS3F (ponto 5); DS1E, DS2E e DS3E (ponto 4); DS1D, DS2D e DS3D (ponto 3); DS1C (ponto 2) e DS1B (ponto 1), sobre imagem GE; B) e C) Aspectos do afloramento F (ponto 5), onde foram recolhidas as amostras DS1F, DS2F E DS3F), respetivamente nos pontos A, B e C.

Amostra DS1F

A amostra DS1F é um quartzo-filito. Macroscopicamente é bem evidente a anisotropia composicional, marcada por bandas pelíticas de cor escura alternando com bandas quartzosas de cor clara. Na amostra de mão é visível um filonete de quartzo, paralelo ao bandado (Fig. 5.47A).

À escala microscópica, a amostra possui uma textura grano-lepidoblástica (Fig. 5.47B), marcada pelas bandas referidas anteriormente. A textura lepidoblástica é essencialmente marcada por mica branca e clorite. A foliação principal (S_n) desta banda apresenta crenulação heterogênea, em consequência de uma deformação posterior, D_{n+1} . O eixo desta crenulação está perpendicular à estratificação (S_0). Nestas bandas mais micáceas também é abundante a turmalina e um filonete de clorite de carácter tardio, relativamente à D_{n+1} (Fig. 5.48 e Diag. 5.5).

A textura granoblástica manifesta-se nas bandas mais quartzosas, e é essencialmente composta por quartzo, pouco plagioclase, turmalina, calcite, óxidos com biotite incipiente e também ocorre as palhetas finas de micas com menor quantidade, e um filonete de clorite a cortar esta banda, confirma o seu carácter de pós cinemática relativamente a D_{n+1} . E filonete de quartzo também tem carácter pós cinemático de todas as fases de deformações desta amostra (Fig. 5.48 e Diag. 5.5).

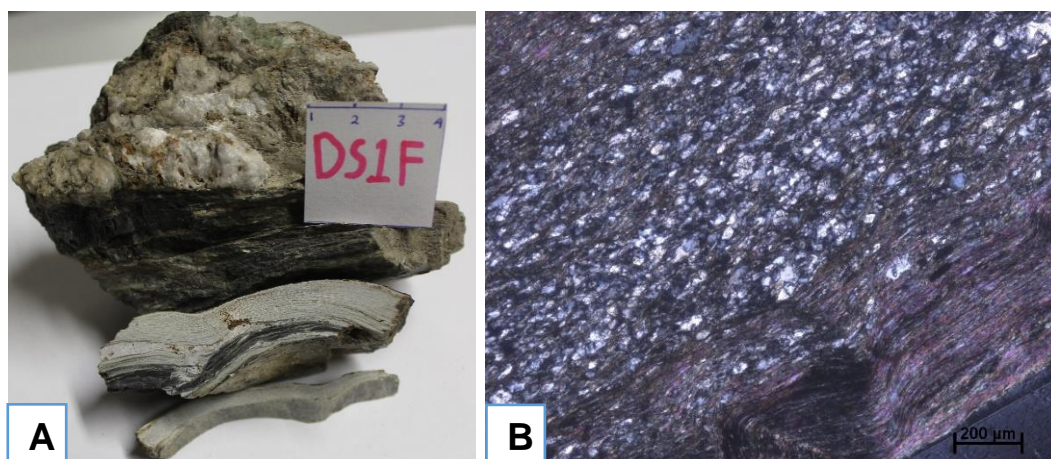
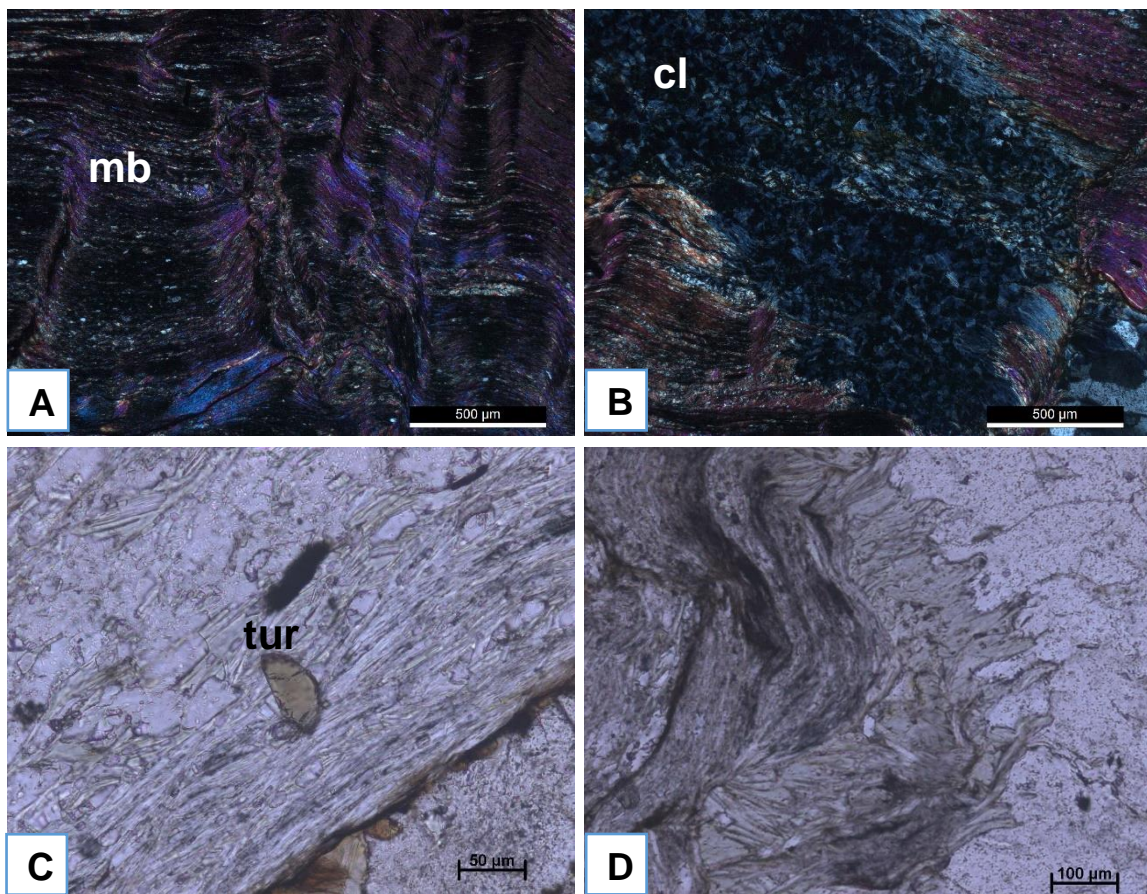
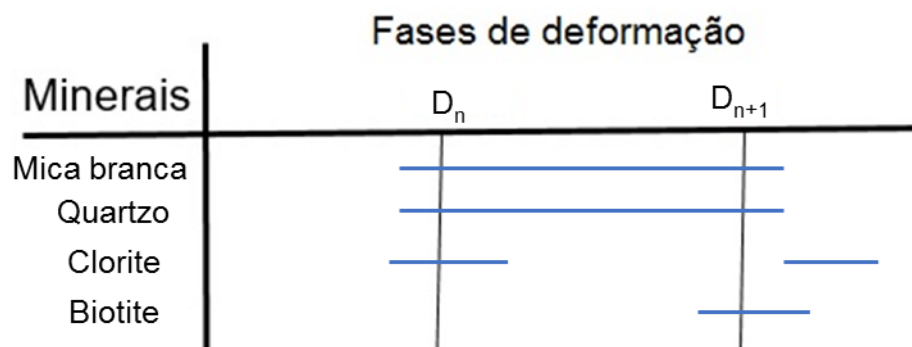


Figura 5. 47: Amostra DS1F - quartzo-filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica, marcada por foliação principal paralela à estratificação (S_0/S_n) (NX).

Diagrama 5.5: Relações entre deformação e blastese no quartzo-filito



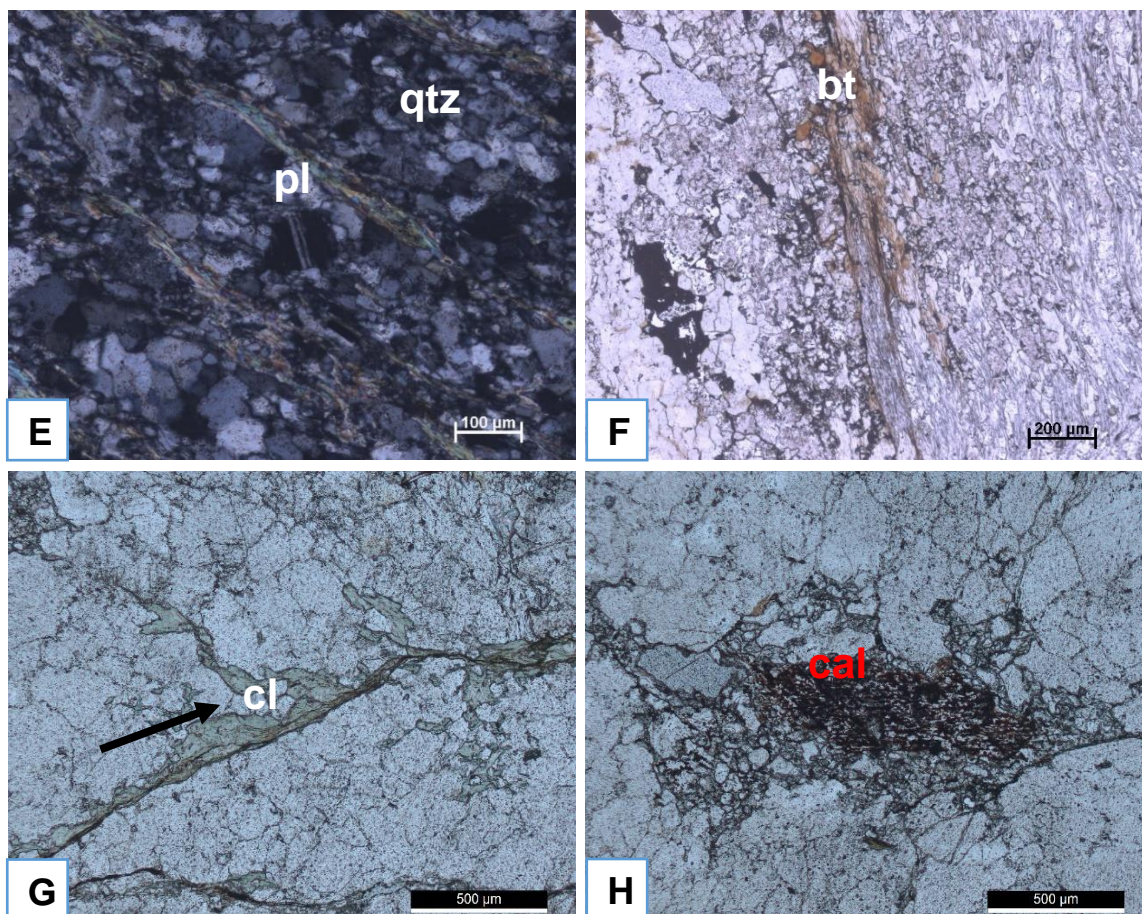


Figura 5. 48: Microfotografias da amostra DS1F, evidenciando as bandas pelíticas (A-D) e as bandas quartzosas (E-F). Clorite (cl), mica branca (mb), quartzo (qtz), turmalina (tur), calcite (cal) e biotite (bt). (N/-C,D,F,G e H) e (NX-A,B e E)

Amostra DS2F

A amostra DS2F é um xisto cloritoso (Fig. 5.49A). Possui uma textura granoblástica heterogranular, tem uma ligeira foliação manifestada sobretudo pela orientação preferencial dos cristais mais desenvolvidos de plagioclase. A matriz é composta essencialmente por clorite, quartzo, feldspatos (Fig. 5.49B).

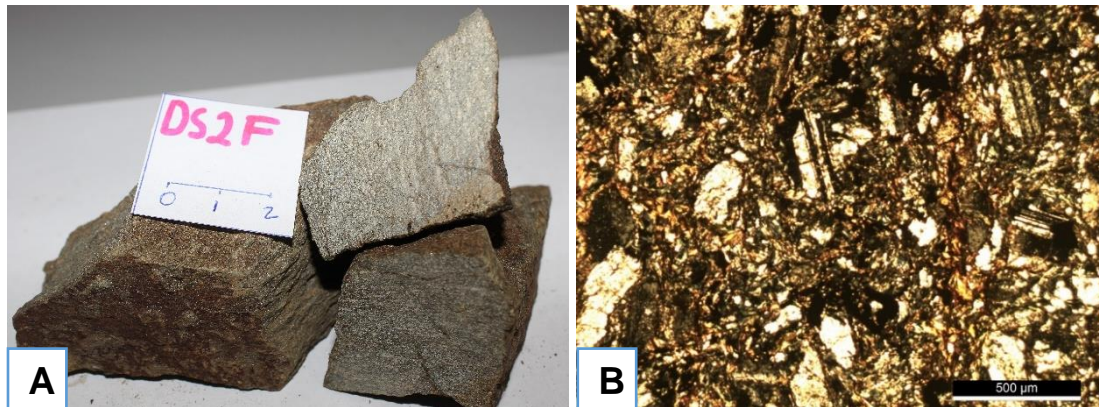


Figura 5. 49: Amostra DS2F - xisto cloritoso: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura granoblástica heterogranular (NX).

A composição mineralógica foi estudada no microscópio ótico e por SEM/EDS. O estudo microscópico pôs em evidência uma composição de quartzo, plagioclase, clorite, calcite, mica branca, e opacos (Fig. 5.50).

No SEM/EDS, foram detalhados os aspetos texturais, nomeadamente as associações, intercrescimentos e relações de inclusão, entre clorite, biotite e albite. Este mineral, presente em grande percentagem na matriz, não foi identificado no estudo microscópico (foram apenas identificados como plagioclase os cristais maclados e mais desenvolvidos), devido ao facto de não apresentar maclas. A albite tem frequentes inclusões de clorite e por sua vez está muitas vezes incluída na biotite. O quartzo e a calcite apresentam muitas inclusões de apatite. A esfena ocorre sobretudo nos bordos dos cristais de Ilmenite (Fig. 5. 51, Graf. 5. 6 e Tab. 5.2).

A amostra deverá apresentar duas gerações de plagioclase: uma plagioclase em cristais desenvolvidos e maclados (plagioclase I) de origem magmática ou herdada do protólito, e uma plagioclase de pequenos cristais na matriz, com composição albitica, associada a biotite e clorite, que terá origem metamórfica.

No referente às relações entre a blastese e à deformação, esta amostra apresenta paralelismo entre a estratificação e a suave foliação. As características desta foliação apontam mais para uma origem primária (diagenética/fluxo) do que para uma génese por deformação/metamorfismo.

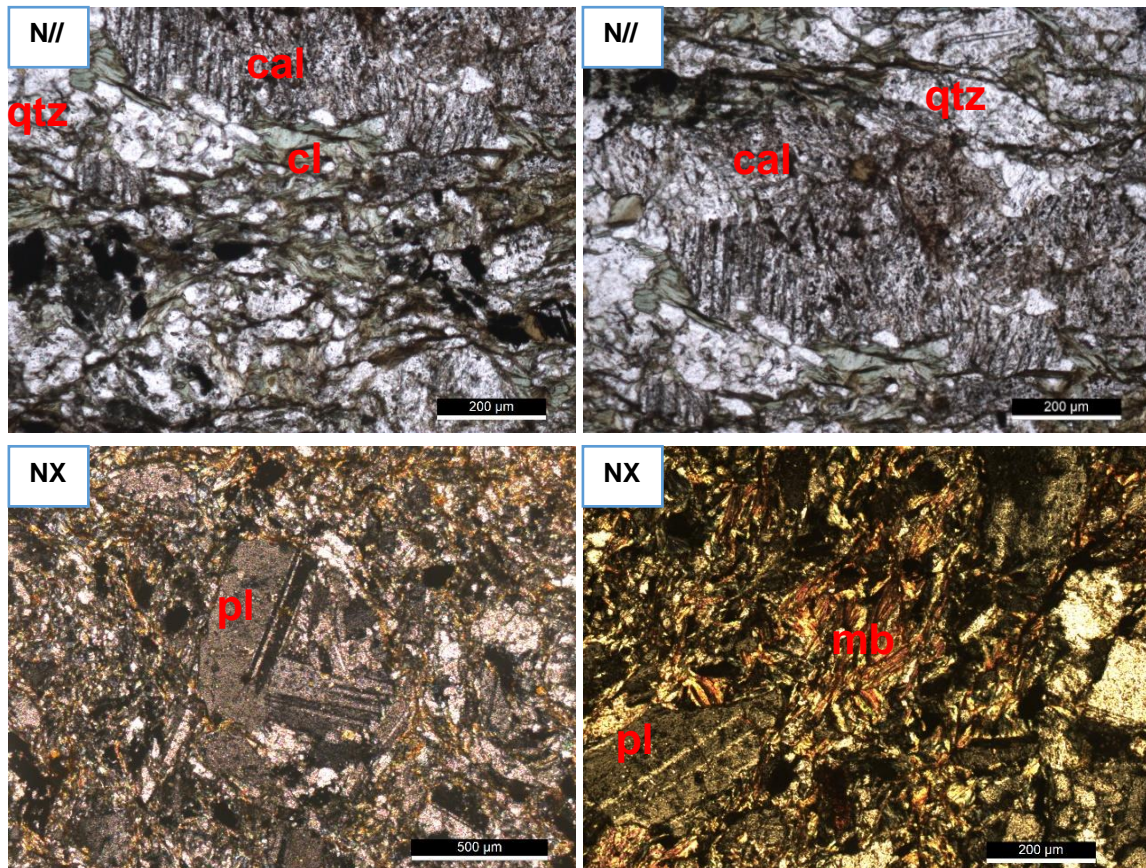


Figura 5. 50: Microfotografias de xisto cloritoso (amostra DS2F) evidenciando os cristais clorite (cl), calcite (ca), quartzo (qtz), plagioclase (pl) e mica branca (mb).

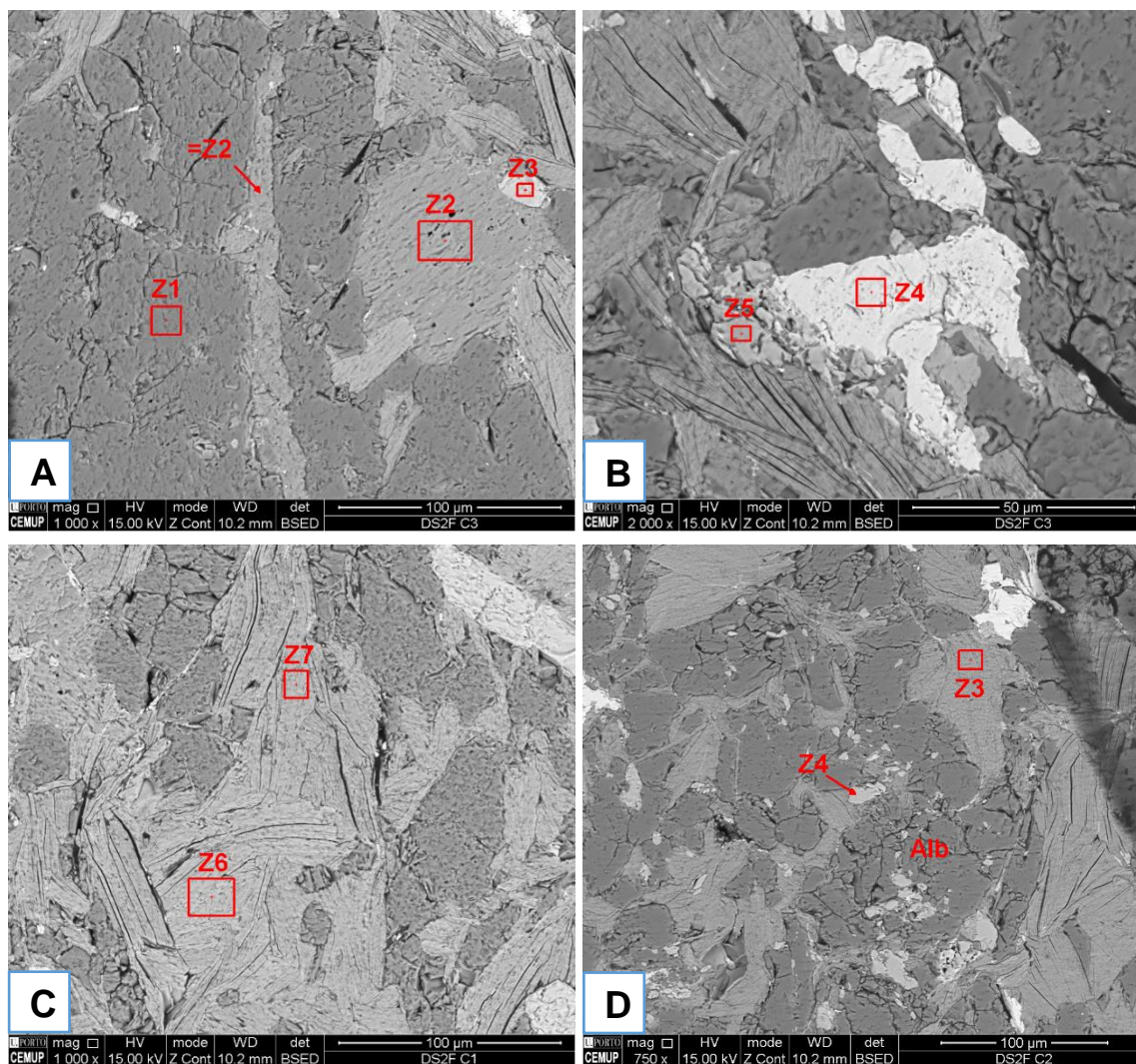


Figura 5. 51: Imagens da amostra DS2F obtidas por SEM, A) Z1- albite; Z2-calcite; Z3-apatite; B) Z4-ilmenite; Z5-esferite; C) associação de biotite (Z6) e clorite (Z7); e D) Associação de biotite (Z3), albite (alb) e esferite (Z4).

Gráficos 5.6: Espectros dos minerais de Xisto cloritoso (amostra DS2F) na análise EDS: A-Ilmenite (Z4, Fig. 5.51B); B-Apatite (Z3, Fig. 5.51A); C-Esfena (Z5 e Z4, Fig. 5.51B e D); e D-Albite (Z1 e Alb, Fig. 5.51A e D).

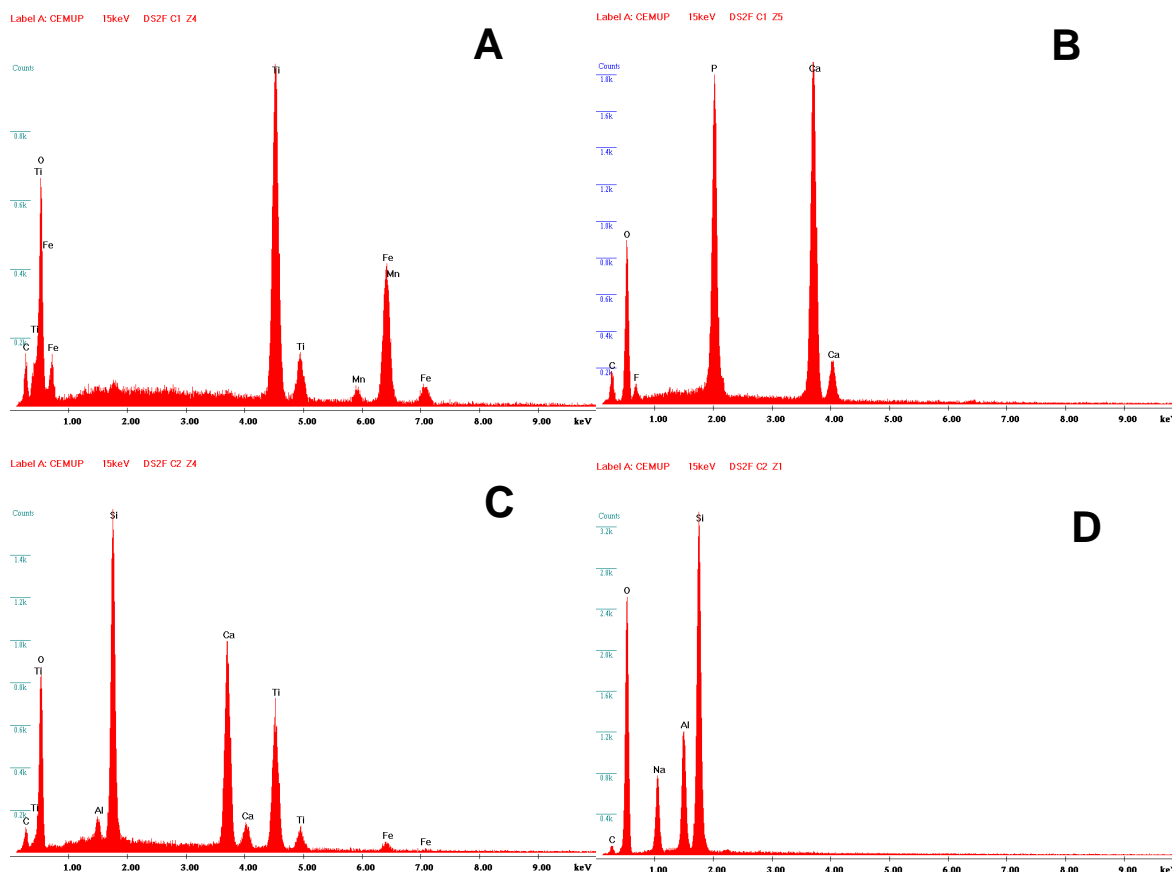


Tabela 5.2: Registo de percentagem dos elementos de ilmenite

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
O	34.13	62.59	0.0884	1.1098	0.2332	1.006
Ti	32.08	19.65	0.30	0.93	0.99	1.03
Mn	2.10	1.12	0.018	0.91	0.97	1
Fe	31.68	16.64	0.28	0.93	0.98	1
Total	100	100				

Amostra DS3F

Esta amostra encontrada próximo ao mar, acerca de 200 metros à leste das amostras anteriores (DS1F e DS2F). Trata-se de um filito de cor cinza com granularidade fina (Figs. 5.46C e 5.52A).

Microscópicamente, a amostra DS3F possui uma textura grano-lepidoblástica, marcada por bandas micáceas e grãos de quartzo nas bandas mais quartzosas. Nas bandas mais micáceas, a foliação principal (S_n), marcada por mica branca, apresenta-se crenulada pela deformação D_{n+1} , sendo paralela à estratificação ($S_0//S_n$) (Figs. 5.52B, 5.53A e Diag. 5.6). As zonas mais quartzosas são constituídas essencialmente por quartzo e também palhetas de micas, que marcam S_n , ainda que de modo mais suave do que nas bandas lepidoblásticas. Nestas bandas quartzosas a foliação principal é oblíqua à S_0 (Figs. 5.52C, 5.53B e Diag. 5.6), por refração.

A composição mineralógica da amostra DS3F é essencialmente: quartzo, mica branca, clorite, matéria orgânica dispersa (MOD) e turmalina (Fig. 5.54).

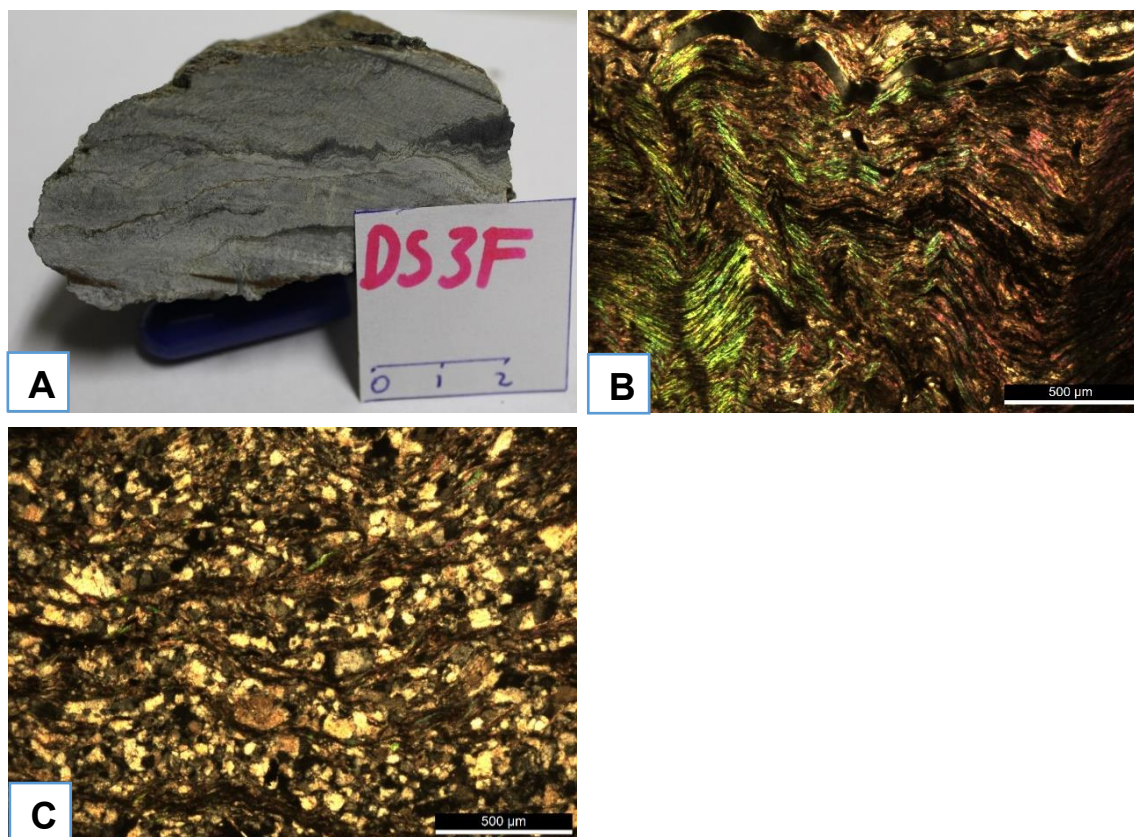


Figura 5. 52: Amostra DS3F: A) Amostra de mão; B e C) Microfotografias evidenciando textura grano-lepidoblástica (NX).

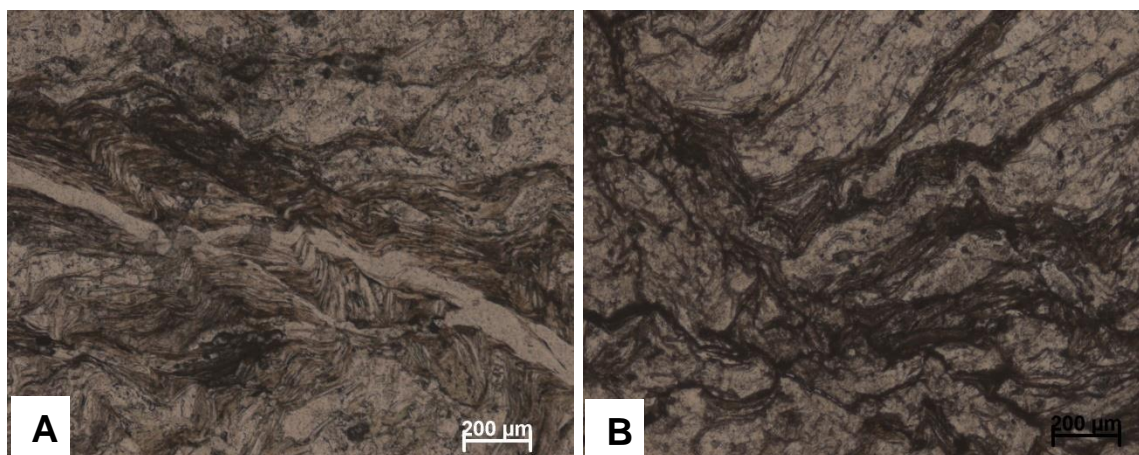
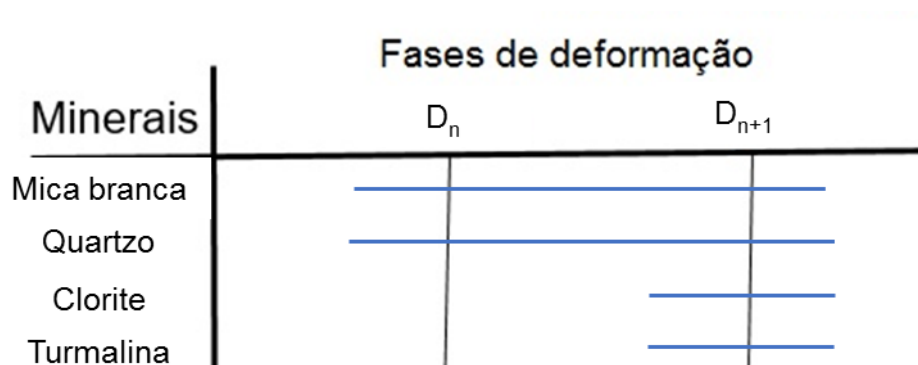


Figura 5. 53: Morfologia de foliação, A) S_n na zona mais micácea paralela a estratificação (S_0) (N//); B- S_n na zona mais quartzosa oblqua a estratificação (S_0) (N//).

Diagrama 5.6: Relações entre deformação e blastese na amostra DS3F



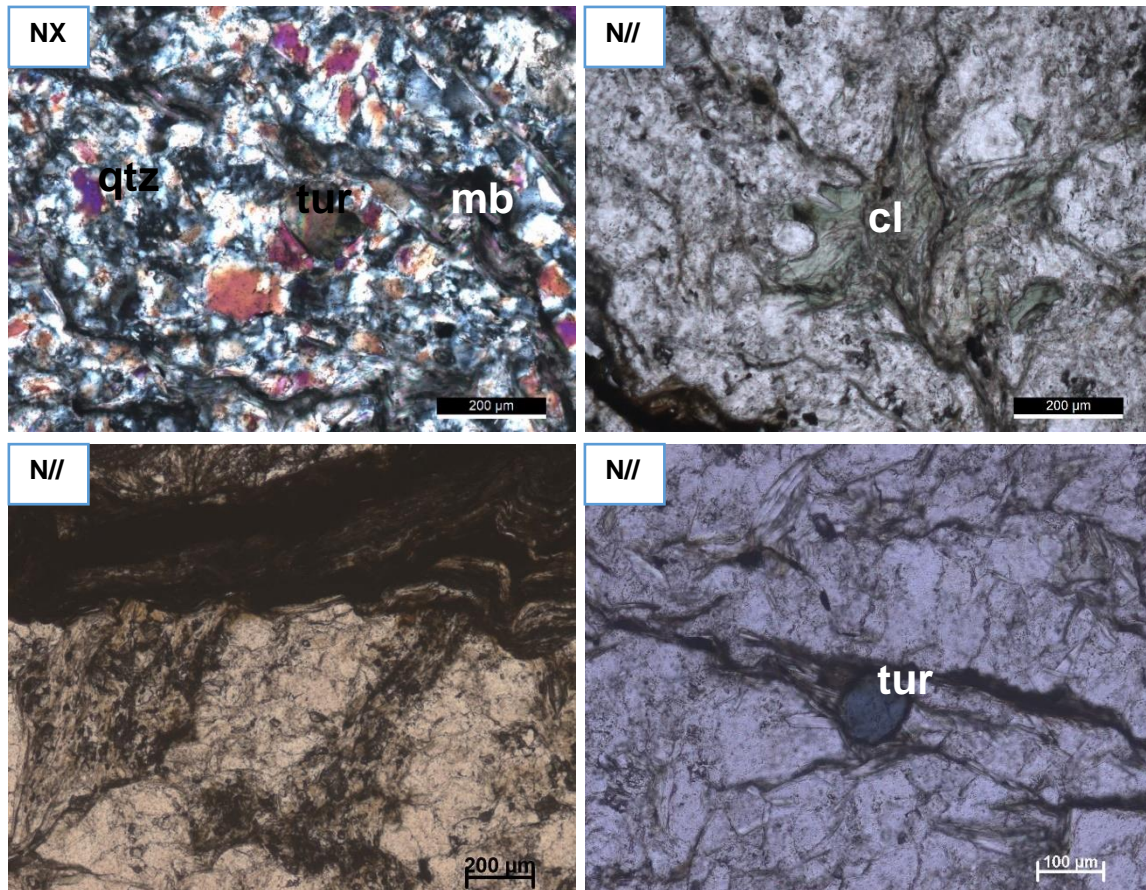


Figura 5. 54: Microfotografias de filito (amostra DS3F) evidenciando os cristais quartzo (qtz), mica branca (mb), turmalina (tur) e clorite (cl).

A estrutura, textura e composição mineralógica das litologias estudadas neste afloramento (Figs. 5.46B e C) permitem tirar conclusões sobre a evolução das condições metamórficas. As relações de blastese com a deformação confirmaram que estas litologias foram afetadas por duas fases de deformação: D_n e D_{n+1} .

Sendo a biotite e a clorite os minerais tipomorfos do pico metamórfico, confirma-se que as condições metamórficas não ultrapassaram a zona de clorite (como é indicado pelas amostras DS1F e DS3F). A abundância biotite na amostra DS2F será indicadora da zona da biotite, na fácies dos xistos verdes, embora a sua presença possa ser condicionada pela diferente composição global da rocha. Esta amostra de xisto cloritoso deverá ter uma origem ou importante contributo ígneo.

Afloramento E- sul de Tibar

O afloramento E localiza-se a oeste do afloramento descrito anteriormente, a Sul do suco de Tibar, Oeste de Díli (Fig. 55A ponto 4). Trata-se um afloramento de rochas de natureza detrítica, areno-pelíticas, com estratificação bem marcada: N038;20SE (Fig. 5.55B e C). Neste afloramento foram recolhidas as amostras DS1E, DS2E e DS3E. Duas delas são caracterizados como rochas sedimentares, respetivamente arenito fino (amostras DS1E e DS2E) e DS3E corresponde a rocha de natureza pelítica, caracterizados como um quartzó filito.



Figura 5. 55: A) Localização das amostras de DS1E, DS2E e DS3E no ponto 4, sobre imagem GE; B e C) Afloramento E, onde foram recolhidas as amostras DS1E (A); DS2E (B); e DS3E (C).

Amostras DS1E e DS2E

As amostras DS1E e DS2E correspondem as litologias sedimentares imaturas, e são caracterizados como arenitos finos. Ambas as amostras apresentam textura clástica. A amostra DS1E tem grãos de quartzo em matriz ferruginosa na zona mais quartzosa e matriz argilosa na zona mais pelítica. Na amostra DS2E microscopicamente observou-se uma matriz mais argilosa já recrystalizada, com finas palhetas de micas metamórficas (Fig. 5.56).

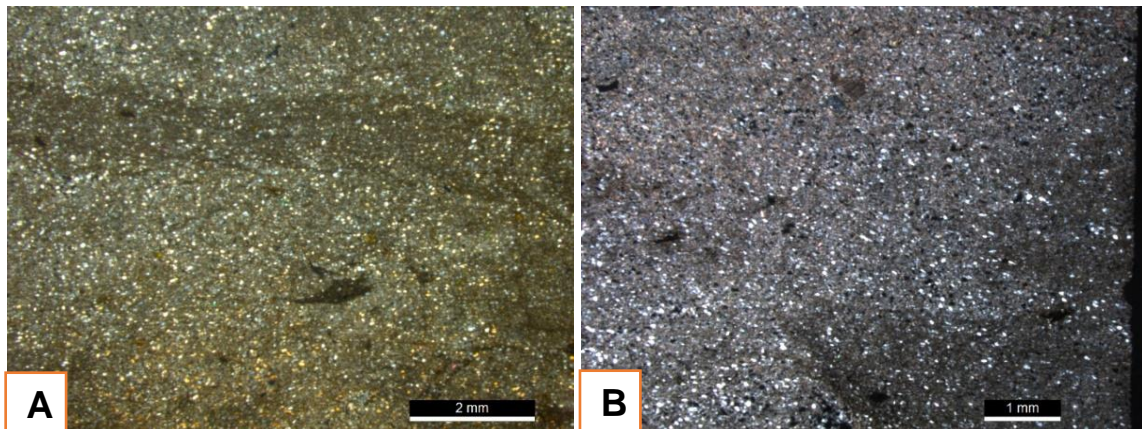


Figura 5. 56: Microfotografias evidenciando textura clástica dos arenitos (amostras DS1E-A e DS2E-B) ambos em N//.

Em termos estruturais, a amostra DS1E apresenta uma estrutura com clivagem suave, oblíqua à estratificação (S_0) (Fig. 5.57A).

Enquanto, a DS2E apresenta estratificação (S_0) dobrada (Fig. 5.57B). Nos níveis de granulometria mais fina observa-se uma crenulação cujo plano axial é quase perpendicular à estratificação (S_0). As zonas de granularidade menos fina, são mais clastos quartzosos que se apresentam arredondados.

Relativamente à composição mineralógica, ambas são classificado por um arenito fino, são composta por (Fig. 5. 57):

- ↔ DS1E: abundância de pequenos fragmentos de mica detrítica, grão de quartzo são alongados e poucos rolados, em matriz ferruginosa e argilosa; trata-se de um arenito mal calibrado e com clastos mal rolados;

↔ DS2E: também apresenta micas detríticas, e micas recrystalizadas na matriz, associadas a grão de quartzo. A diferença relativamente à amostra anterior é que esta amostra já tem mais micas.

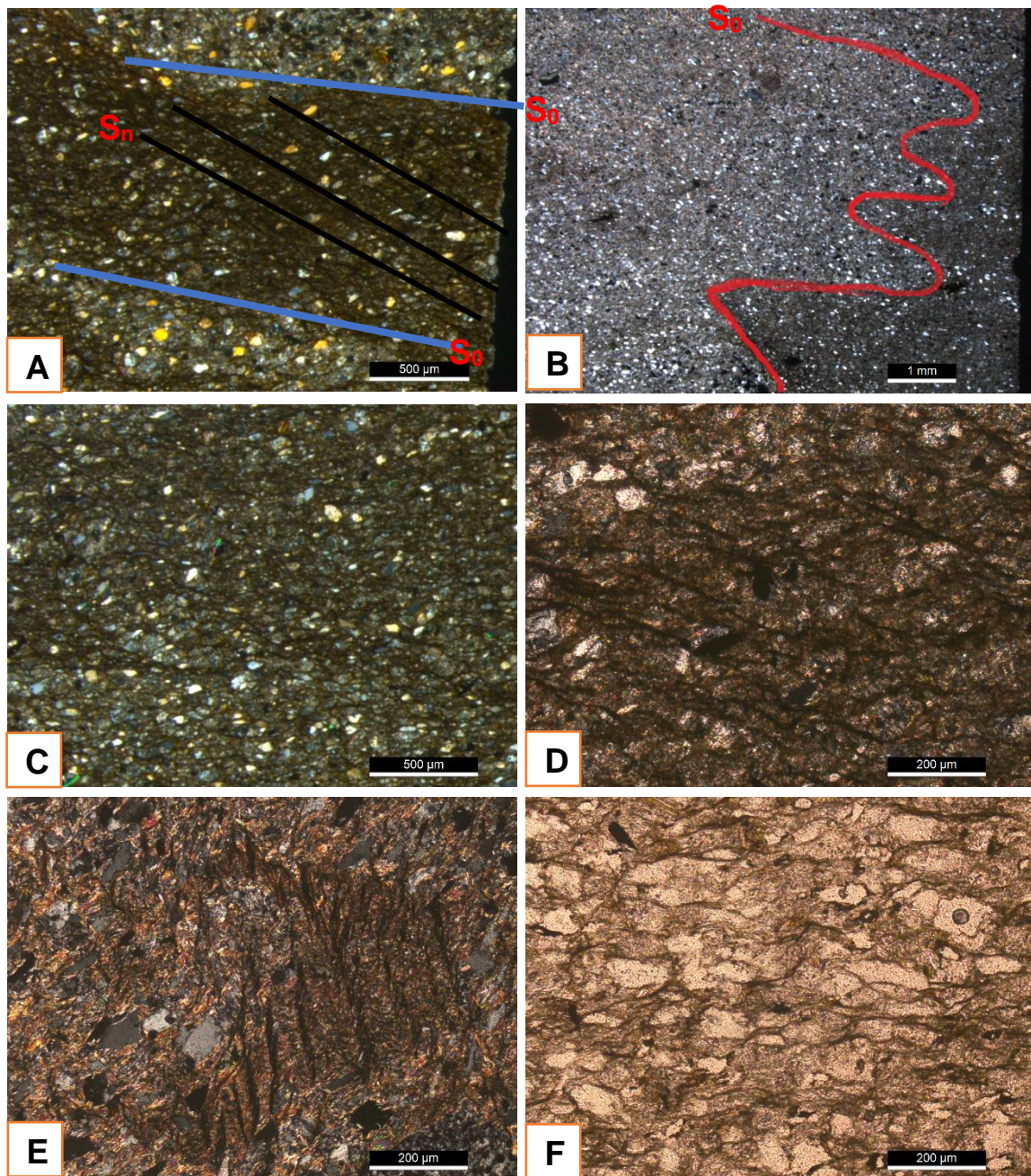


Figura 5. 57: Estrutura dos arenitos, A- clivagem suave oblíqua à S_0 da amostra DS1E (NX) e B- S_0 dobrada da amostra DS2E (N//); C e D- microfotografias de arenito (amostra DS1E) evidenciando os grãos de mica detrítica e grãos de quartzo (NX); E (NX) e F (N//)- microfotografia de arenito (amostra DS2E) evidenciando os cristais mica recrystalizados e grãos de quartzo e a crenulação nos níveis ou fragmentos mais finos.

Amostra DS3E

A amostra DS3E corresponde a um quartzo filito com cor escura, provavelmente consequência da elevada concentração de matéria orgânica (Fig.58A). Microscopicamente, a rocha possui uma textura grano-lepidoblástica, marcada por alinhamento de micas e grãos de albite e quartzo (Fig.58B).

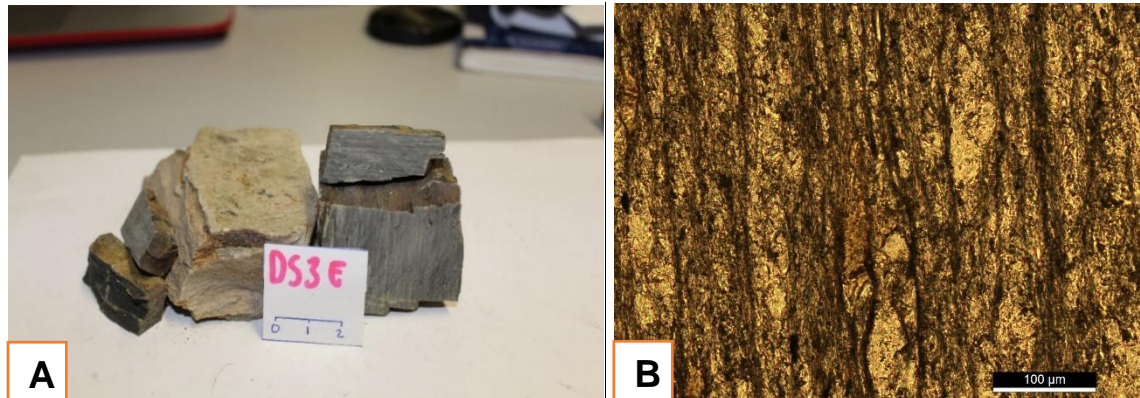


Figura 5. 58: Amostra DS3E - quartzo-filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica marcada da amostra (N//).

Em termos de caracterização das foliações esta amostra apresenta-se uma clivagem principal (S_n), que delimita microlithons de diferente largura no interior dos quais há outra foliação anterior (S_{n-1}), muito suave, marcada pelo alinhamento de micas (Fig. 5.59). A estratificação (S_0) está marcada por MOD e está lenticulada pela foliação principal.

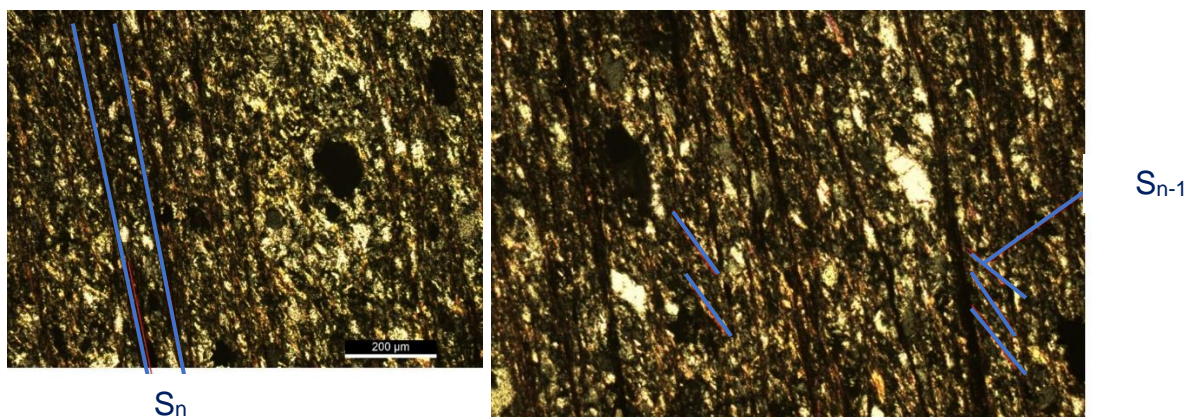


Figura 5. 59: Clivagem principal (S_n) e alinhamento de micas corresponde à foliação anterior (S_{n-1}) (ambos em NX).

Relativamente à mineralogia, esta amostra foi estudada em ambos equipamentos utilizados. Na microscópica ótica foi caracterizada a seguinte composição: quartzo; micas brancas concentradas na foliação principal; matéria orgânica dispersa (MOD); biotite incipiente e opacos (Fig. 5.60).

Enquanto no SEM/EDS foram analisados: biotite, rica em Ca, ilmenite, apatite, albite, paragonite e zircão (Fig. 5.61 e Graf. 5.7).

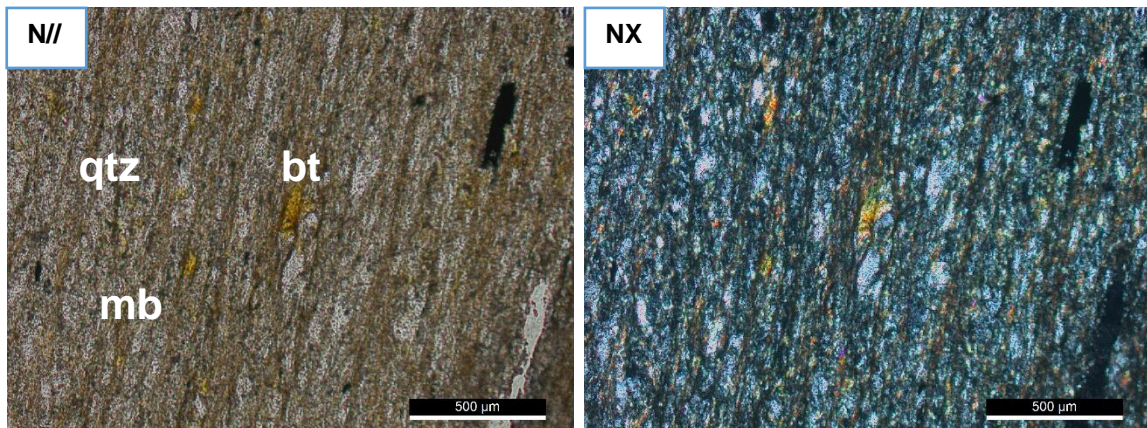


Figura 5. 60: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS3E) evidenciado os cristais biotite (bt), mica branca (mb) e quartzo (qtz).

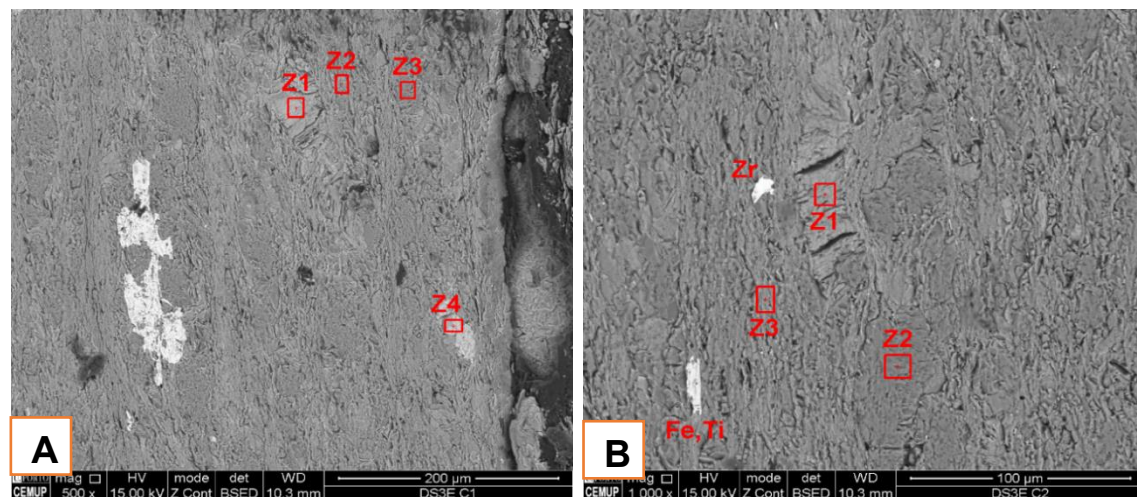
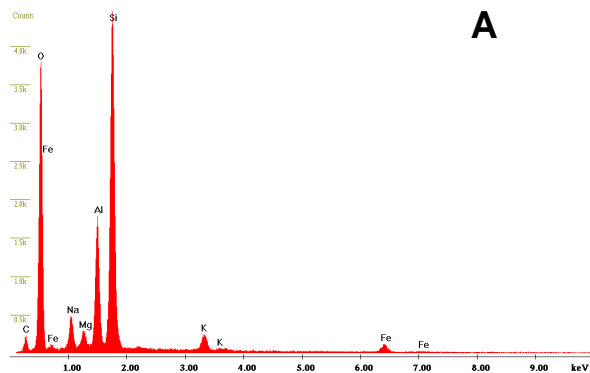


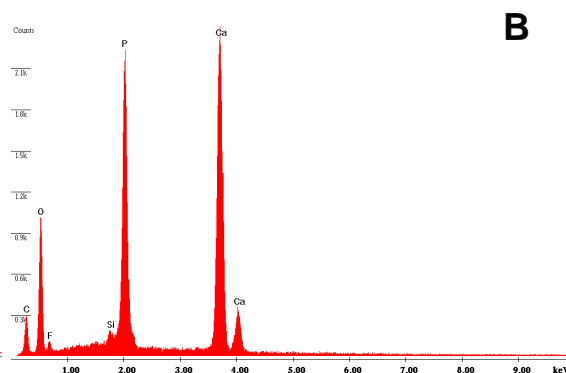
Figura 5. 61: Imagens da amostra DS3E obtidas por SEM, A) Z1-biotite, Z2-illite, Z3- Albite, Z4-Apatite; B) Z1-Biotite, Z2- Albite, Z3-Paragonite

Gráficos 5.7: Espectros dos minerais de quartzo-filito (amostra DS3E) na análise EDS: A- Paragonite (Z3, Fig. 61B); B- Apatite (Z4, Fig. 61A); C- Biotite (Z1, Fig. 61A e B); D- Ilite (Z2, Fig. 61A);

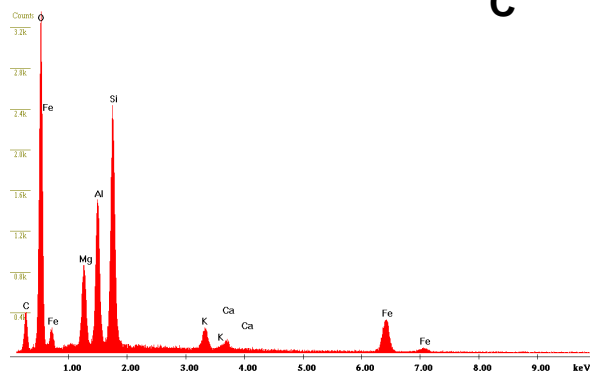
Label A: CEMUP 15keV DS3E C2 Z2



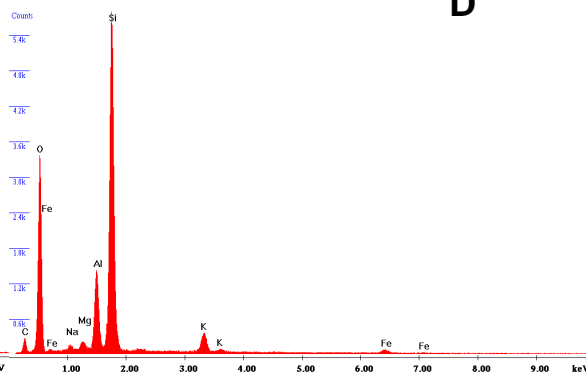
Label A: CEMUP 15keV DS3E C1 Z4



Label A: CEMUP 15keV DS3E C3 Z1



Label A: CEMUP 15keV DS3E C1 Z2



Afloramento D- Tibar

O afloramento D encontram-se no suco de Tibar, município de Liquiça e posto administrativo de Bazartete, ocidente de Díli (Fig. 5.46A ponto 3). O afloramento é essencialmente constituídos por rochas de natureza pelíticas. A estrutura evidente no afloramento é a estratificação (S_0) e a foliação (S_n), que se encontra paralela ($S_0//S_n$), sendo a sua atitude $N080^\circ;30SE$. Neste local foram recolhidas três amostras (DS1D, DS2D e DS3D), cujo detalhe de localização está indicado na figura abaixo (Fig. 5.62).

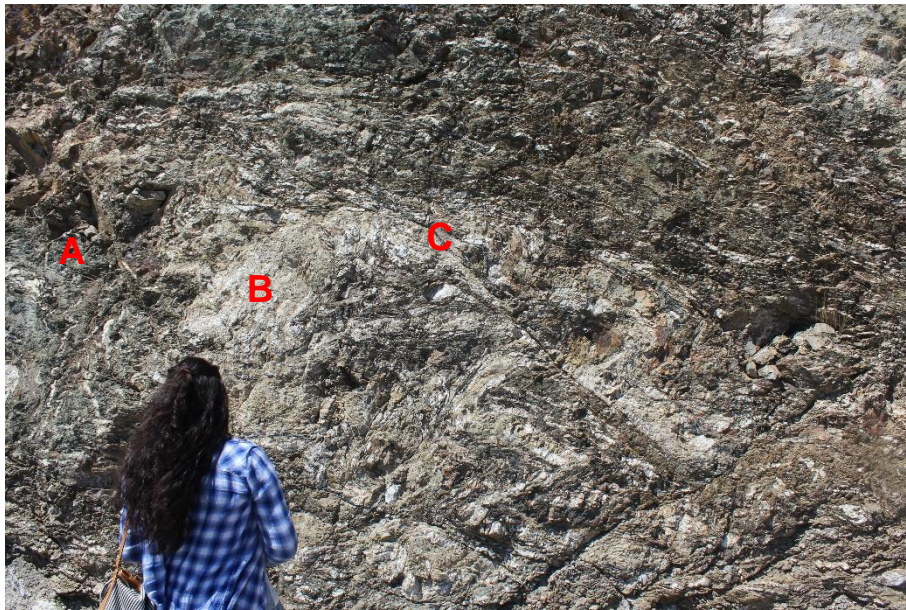


Figura 5. 62: Afloramento D, com indicação da localização das amostras A-DS1D, B-DS2D e C-DS3D.

Amostra DS1D

A amostra DS1D é uma rocha de cor cinza, granulometria fina e apresenta muitos filonetes de quartzo com estrutura dobrada, quer à escala macroscópica, quer à escala microscópica. Trata-se de um filito (Fig. 5.63A).

À escala microscópica, a amostra possui uma textura grano-lepidoblástica (Fig. 5.63B, C e D), marcada por bandas composicionais muito bem marcadas. Ocorrem bandas essencialmente micáceas, onde a foliação principal (S_n) está crenulada pela deformação posterior (D_{n+1}) (Fig. 5.64A). S_n é marcada por mica branca, clorite, matéria orgânica e esfena. A deformação da fase D_{n+1} gerou

localmente uma clivagem de crenulação (S_{n+1}) (Fig. 5.64B). Esta foliação é essencialmente marcada por concentração de matéria orgânica.

As bandas quartzosas, com textura granoblástica, apresentam dois tipos de mineralogia. Existem bandas essencialmente marcadas por quartzo, calcite e opacos, que marcam a estratificação (S_0) (Fig. 5.63C). Existem outras bandas, exclusivamente quartzosas, correspondentes a filonetes de quartzo paralelos a S_n , verificando-se uma blastese preferencial de biotite nos seus encostos. Estes filonetes de quartzo são dobrados por D_{n+1} (Fig. 5.63B).

O blastese de biotite é essencialmente marcada nas zonas de transição micáceas e quartzosas ou está adjacente aos filonetes de quartzo, com caráter de mimético (Fig. 5.64 C).

As relações entre a blastese e a deformação está descrita no Diag. 5.7.

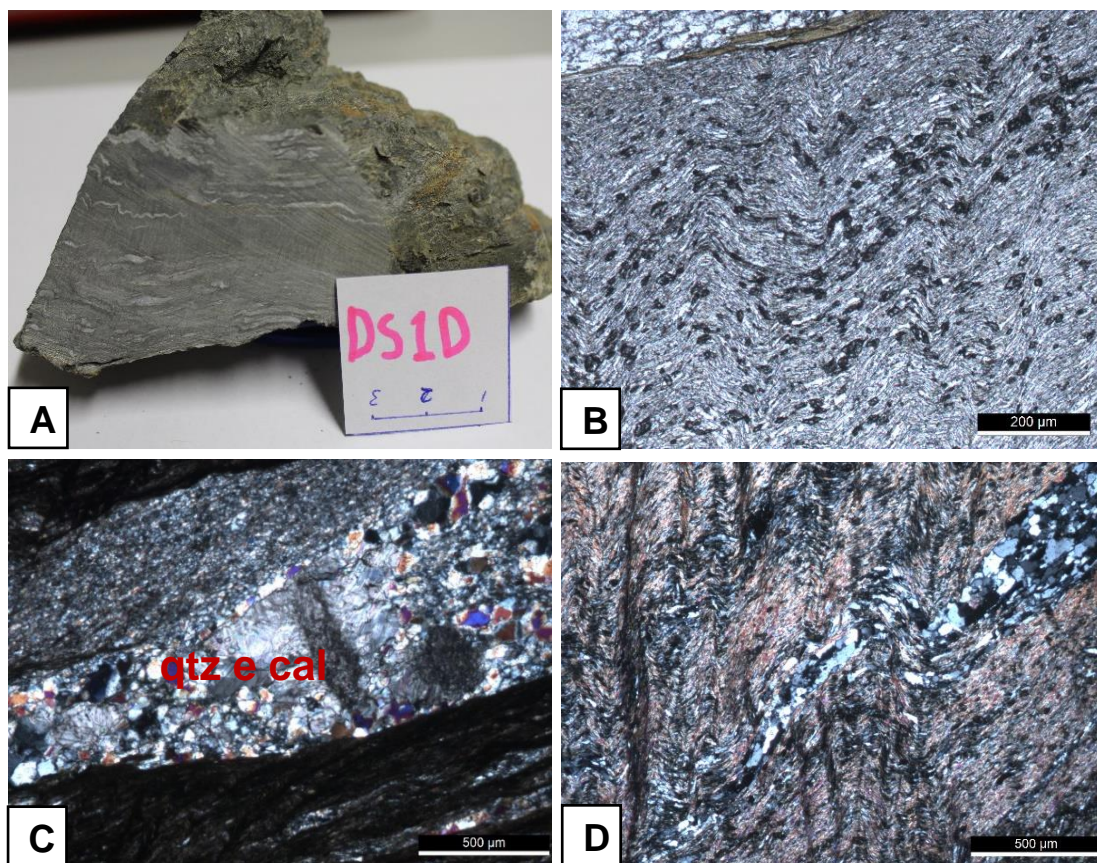


Figura 5. 63: A) amostra DS1D - filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica da amostra (N//); C) bandas quartzosas constituídas essencialmente por calcite (cal) e quartzo (qtz) (NX) e D) textura grano-lepidoblástica marcada por bandas micáceas e quartzosas (NX).

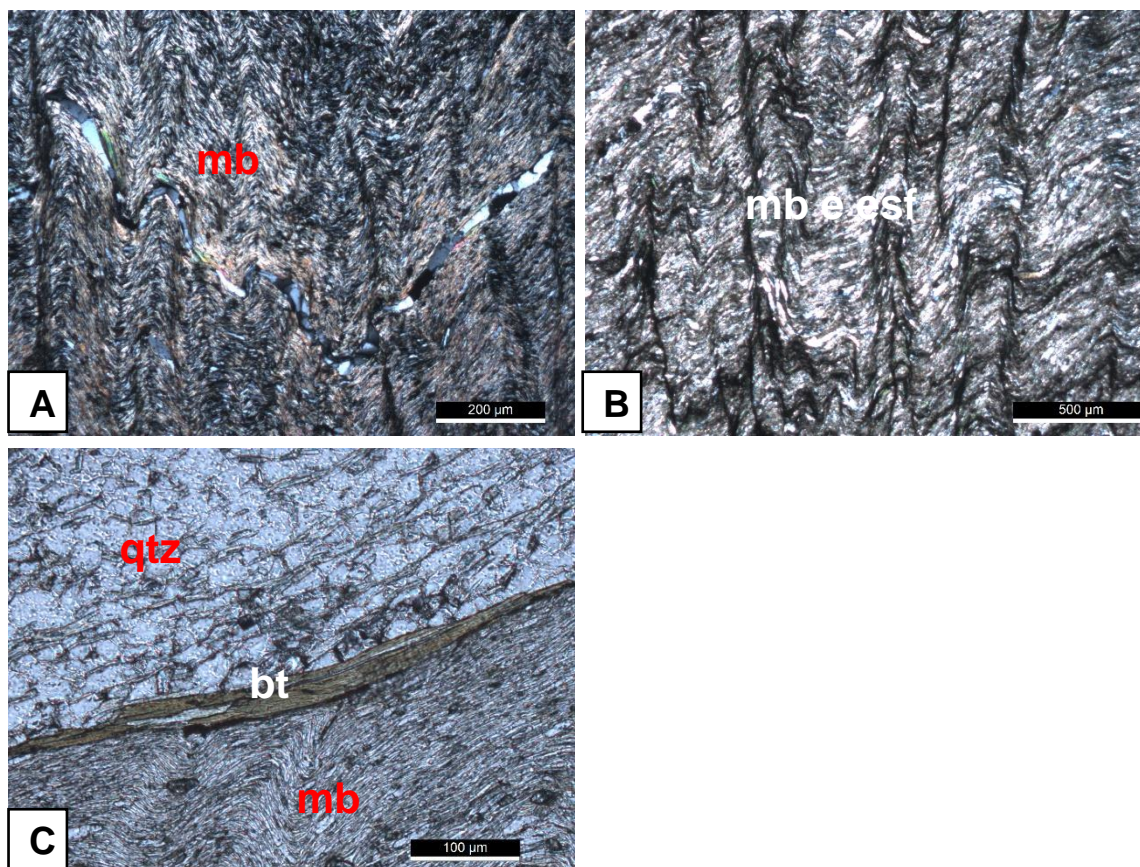
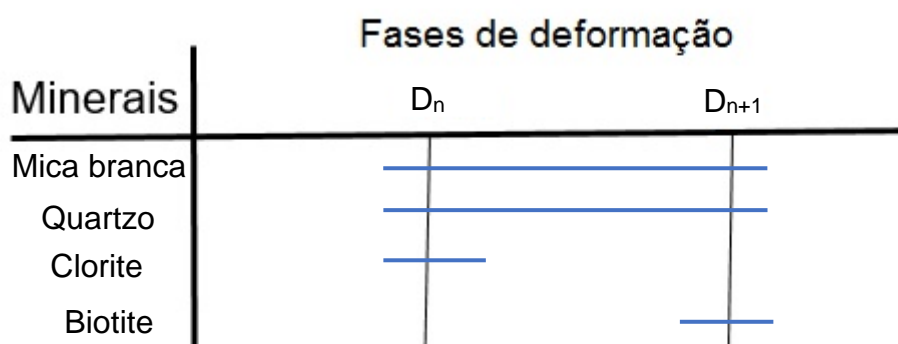


Figura 5. 64: Microfotografias de filito (amostra DS1D): A) filiação principal crenulada pela D_{n+1} (NX); B) clivagem de crenulação (S_{n+1}) (N//); C) biotite em mimética (N//); Evidenciando os cristais mica branca (mb), clorite (cl), quartzo (qtz), biotite (bt) e esfena (esf).

Diagrama 5.7: Relações entre deformação e blastese no filito (amostra DS1D)



Amostra DS2D

A amostra DS2D também é um filito. A sua diferença relativamente à amostra anterior é o seu aspeto macroscópico. Esta amostra é uma rocha oxidada, tem cor a vermelhada e estrutura dobrada (Fig. 5.65A).

Microscopicamente, a amostra tem textura grano-lepidoblástica, marcada por bandas quartzosas correspondentes à estratificação (S_0) paralela à foliação principal (S_0/S_n). Relativamente à amostra anterior estas bandas quartzosas são mais abundantes. Nas bandas mais pelíticas, a foliação principal (S_n) está crenulada pela deformação D_{n+1} , sendo acompanhada por clivagem de crenulação incipiente, marcada por biotite, mica branca e clorite (Fig. 5.65 e Diag. 5.8).

Relativamente à composição mineralógica, esta amostra foi observados em microscópico ótico e em SEM/EDS.

Na ótica foram caracterizados as ocorrências de mica branca, quartzo, clorite, biotite e opacos (Fig 5. 65).

No SEM/EDS foi confirmada a associação de albite nas bandas de quartzo, assim como de apatite; a esfena está sobretudo associada à moscovite e tem inclusões de Ilmenite e rútilo; o óxido de ferro; o zircão associado à moscovite e a bramalite alteração de paragononite (Fig. 5. 66 e Graf. 5.8).

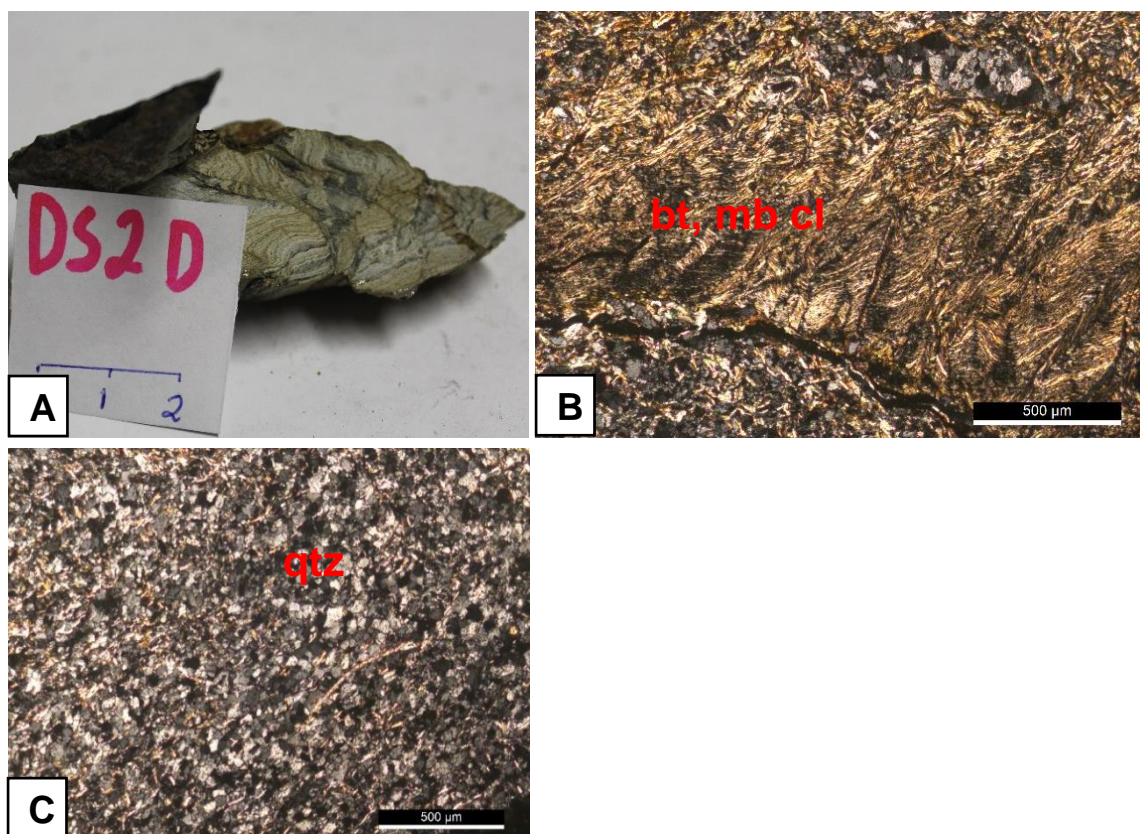


Figura 5. 65: A-amostra de mão DS2D; B, e C - microfotografias de filito (amostra DS2D) evidenciando textura grano-lepidoblástico. B- banda lepidoblástica, essencialmente moscovítica (S_n/S_0) (NX); C- banda granoblástica essencialmente quartzosa (NX);

Diagrama 5.8: Relações entre deformação e blastese no filito (DS2D)



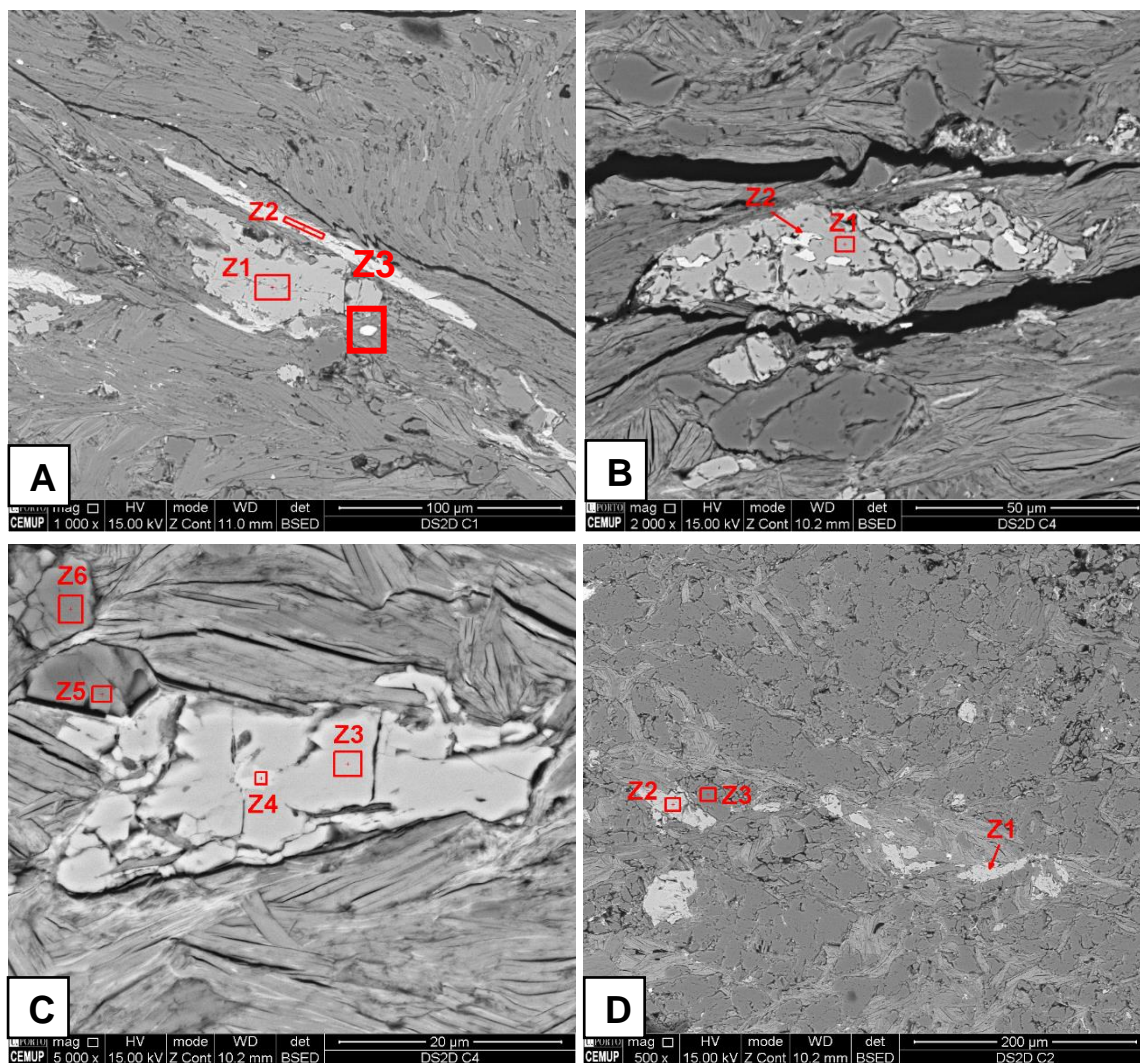
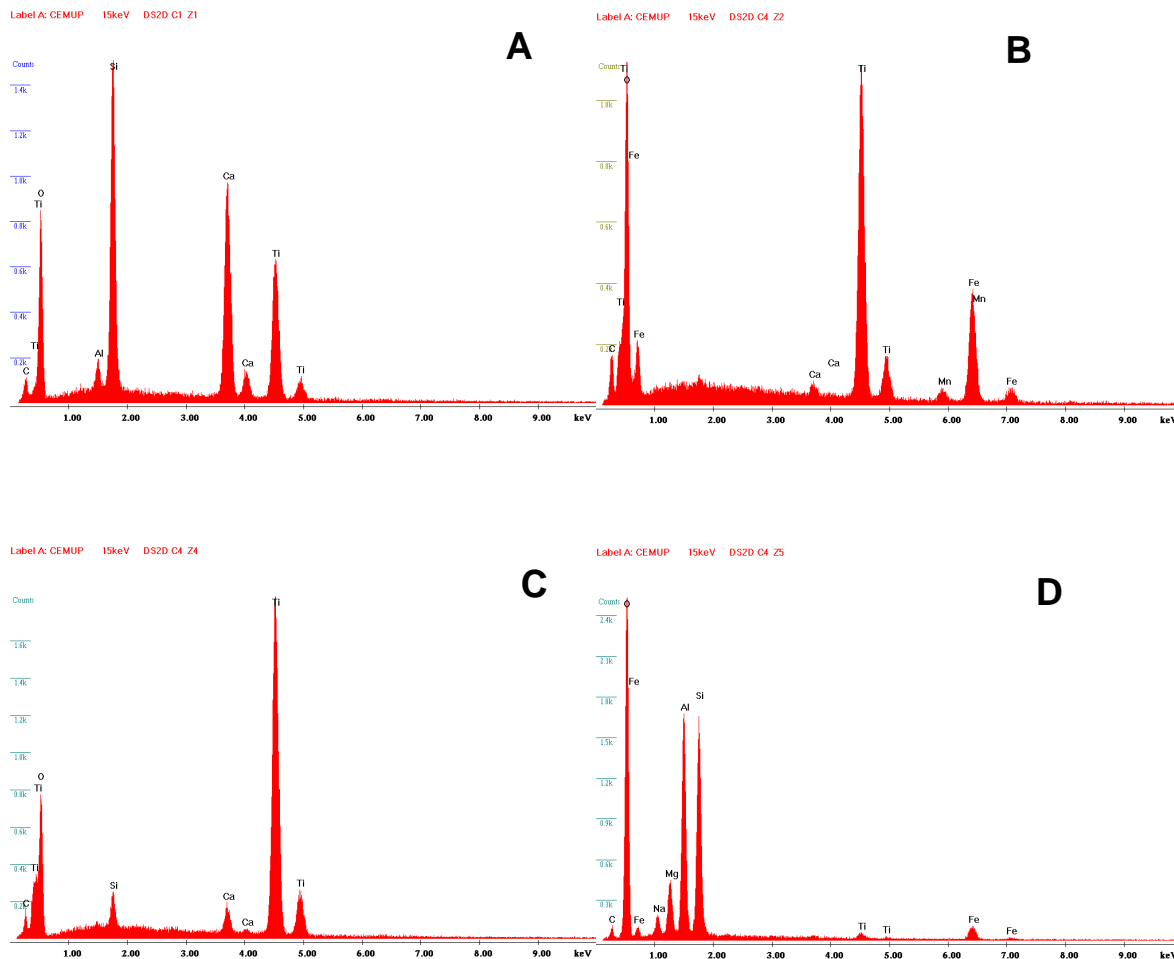


Figura 5. 66: Imagens da amostra DS2M obtidas por SEM, A) Z1-esfena, Z2-óxido de ferro, Z3-zircão; B) inclusão de ilmenite (Z2) na esfena (Z1); C) inclusões de rútilo (Z4) na esfena (Z3), Z5- Z6-Bramalite; D) Z1-esfena, Z2-apatite, Z3-albite.

Gráficos 5.8: Espectros dos minerais da amostra DS2D na análise de EDS: A- Esfena (Z1, Fig. 5. 67A, B e D); B- Ilmenite (Z2, Fig. 5. 67B); C- Rútilo (Z4, Fig. 5. 67C); D- Bramalite.



Amostra DS3D

A amostra DS3D também é classificada como um filito de cor cinzento, grão fino. Trata-se de uma amostra muito fraturada (5.67A), com textura grano-lepidoblástica (5.67B). Microscopicamente, confirma-se que as fraturas apresentam preenchimento de mica branca, biotite, clorite, turmalina e zircão. E parte restante da rocha é constituída por quartzo, plagioclase e opacos (Fig. 5.68).

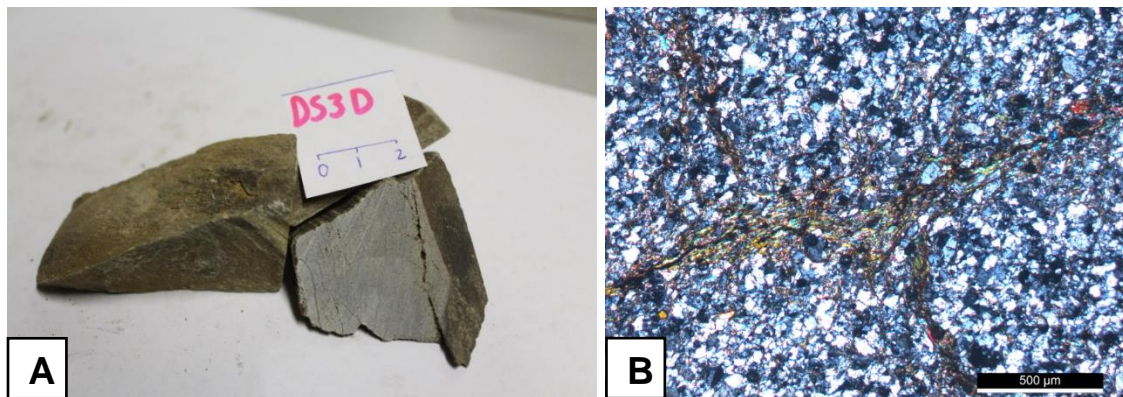


Figura 5. 67: Amostra DS3D – filito: A) amostra de mão; B) microfotografia evidenciando textura grano-lepidoblástica (NX).

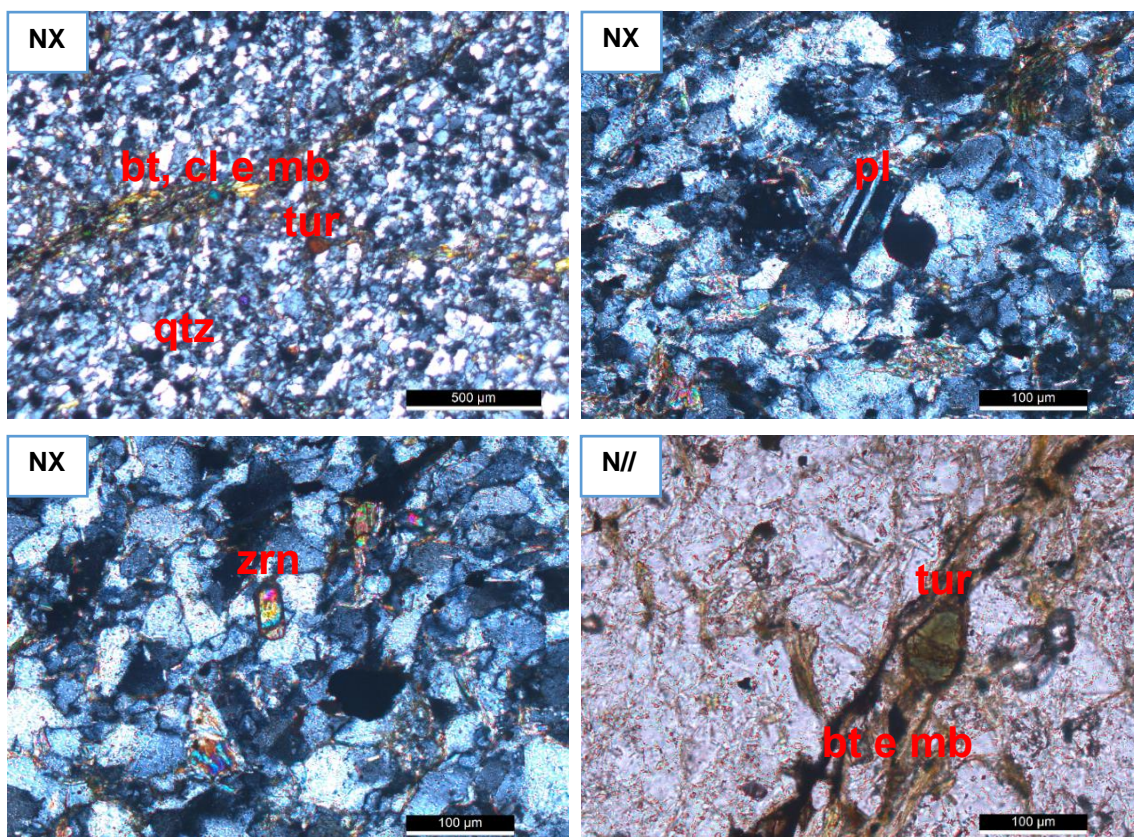


Figura 5. 68: Microfotografias de filito (amostra DS3D) evidenciando os cristais mica branca (mb), biotite (bt), quartzo (qtz), zircão (zrn), plagioclase (pl) e turmalinas (tur).

A estrutura, textura e composição mineralógica das litologias estudadas neste afloramento (Figs. 5.62) permitem tirar conclusões sobre a evolução das condições metamórficas. As relações de blastese com a deformação confirmaram que estas litologias foram afetadas por duas fases de deformação: D_n e D_{n+1} .

Sendo a biotite e a clorite os minerais tipomorfos do pico metamórfico, confirma-se que as condições metamórficas não ultrapassaram a zona de biotite e clorite, da fácies dos xistos verdes.

Afloramento C- Ulmera

O afloramento C encontra-se no suco de Ulmera na parte leste do município de Liquiça e ponto administrativo de Bazartete, 32 km ao oeste de Dili (Fig. 5.46A ponto 2). Trata-se de um afloramento essencialmente constituída por rochas de natureza pelítica (Fig. 5.70A). As estruturas observadas são a estratificação paralela à foliação ($S_0//S_n$), com atitude de $N142^\circ;29NE$. Neste local foi colhida a amostra DS1C (Fig. 5.55B).

A amostra é um filito. Macroscopicamente, cor negro provavelmente rico em matéria orgânica, granulometria fina e estrutura dobrada, marcada por bandas composicionais muito bem marcada, nomeadamente bandas mais micáceas e bandas quartzosas (Fig. 5.69B).

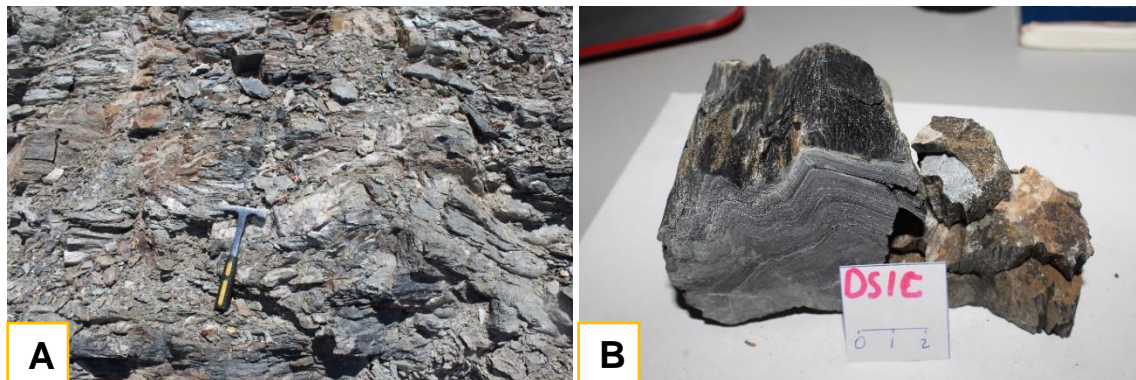


Figura 5. 69: Amostra DS1C- Filito negro: A) Afloramento C, onde foi recolhida a amostra B) Amostra de mão.

À escala microscópica, a amostra apresenta níveis composicionais muito bem marcados. Existem níveis essencialmente pelíticos, onde a foliação principal (S_n) paralela à S_0 , é constituída pela mica branca e clorite. Estes níveis estão crenulado pela deformação posterior (D_{n+1}), que gera uma clivagem de crenulação (S_{n+1}) nas zonas de charneiras (Fig. 5.70 e Diag. 5.9). Os níveis mais quartzoso são essencialmente constituído por quartzo associado a alguns grãos de calcite.

Relativamente à composição mineralógica, foram observados mica branca, clorite, quartzo, calcite e opacos. Ocorrem filonetes de calcite e quartzo paralelos à foliação principal e à estratificação (S_0) (Fig.5.71).

Assim, em relação à textura, a amostra apresenta uma textura de grano-lepidoblástica marcada pelos grãos de quartzo e calcite corresponde a S_0 e leitos de mica brancas (Fig. 5.71)

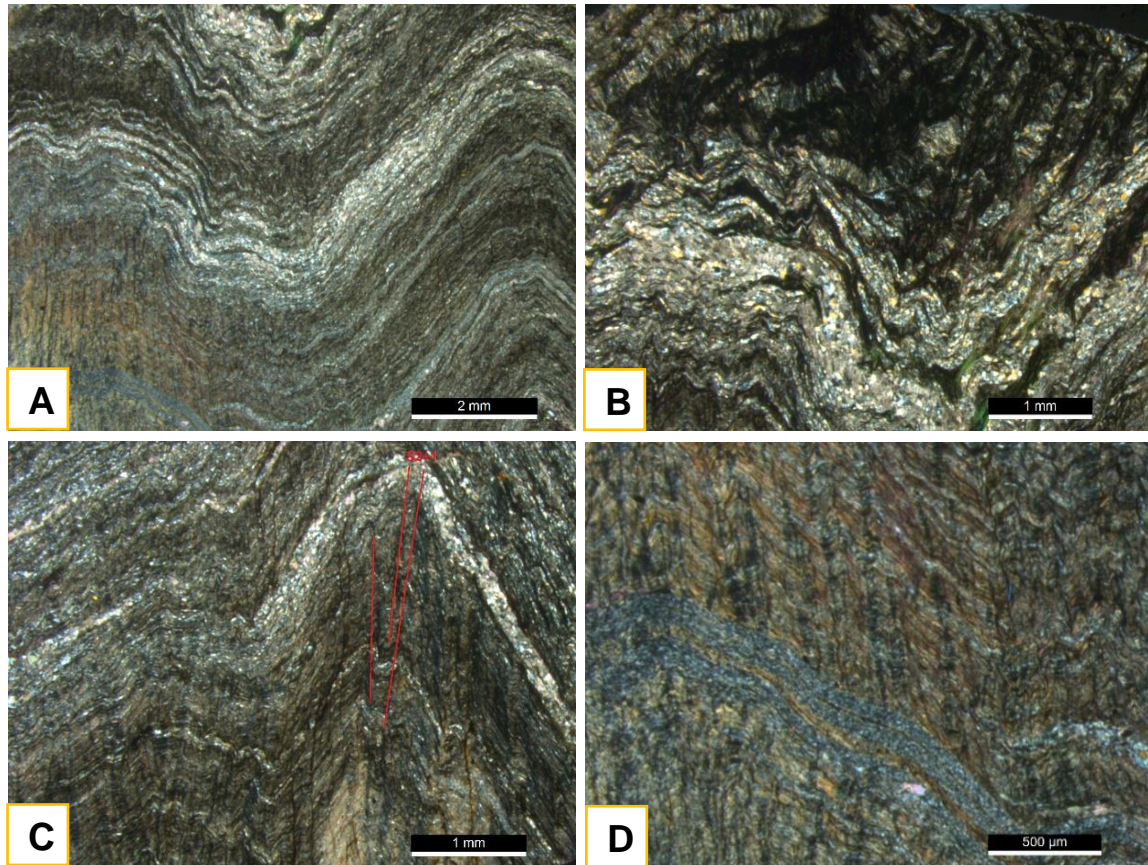


Figura 5. 70: Microfotografias de morfologia das foliações (relação entre S_n e S_{n+1}) do filito (amostra DS1C); A- foliação principal (S_n); B- crenulação na zona de charneira (D_{n+1}) nos níveis mais pelíticos; C- clivagem de crenulação nos níveis mais pelíticos (S_{n+1}) associada à deformação de D_{n+1} ; D- estratificação (S_0) paralela à foliação principal e a ausência de clivagem de crenulação nos níveis mais quartzosos. (todos em N//, A-D).

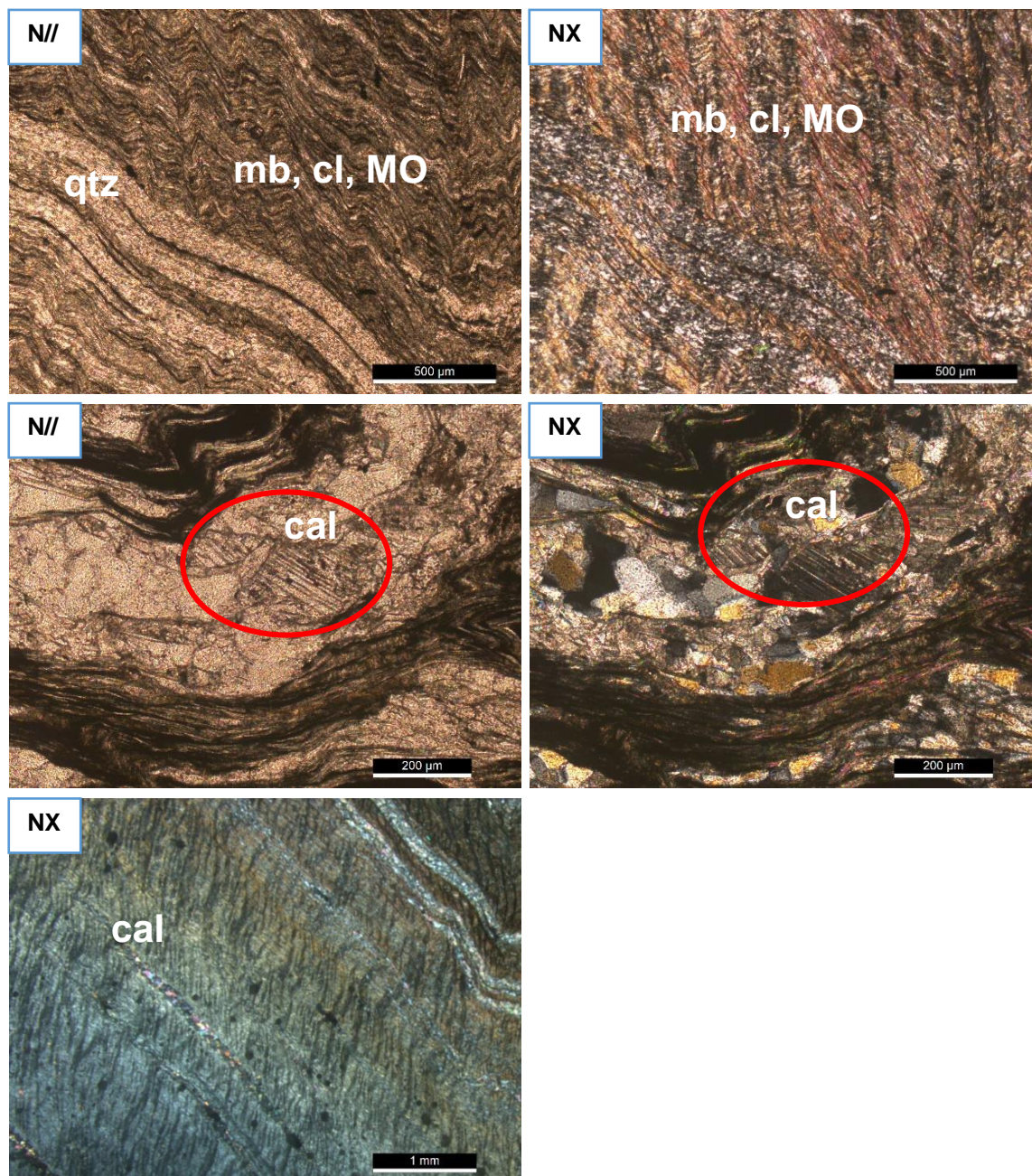
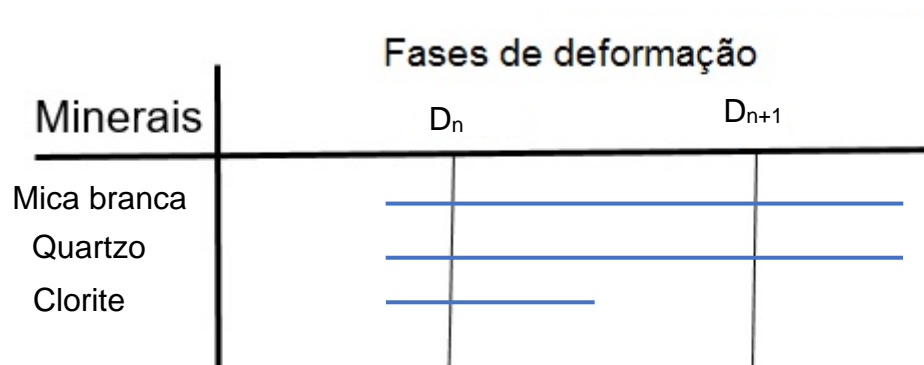


Figura 5. 71: Microfotografias de filito (amostra DS1C) evidenciando textura grano-lepidoblástica e os cristais mica branca (mb), quartzo (qtz), calcite (cal) e o filonete de calcite e quartzo.

Diagrama 5.9: Relações entre deformação e blastese no filito (amostra DS1C)



A estrutura, textura e composição mineralógica das litologias estudadas neste afloramento (Figs. 5.69) permitem tirar conclusões sobre a evolução das condições metamórficas. As relações de blastese com a deformação confirmaram que estas litologias foram afetadas por duas fases de deformação: D_n e D_{n+1} .

Sendo a clorite é o mineral tipomorfo do pico metamórfico, confirma-se que as condições metamórficas não ultrapassaram a zona de clorite, da fácies dos xistos verdes.

Afloramento B – Aipelo

A amostra DS1B encontra-se em Aipelo, na parte Leste de Liquiça, Oeste de Díli (Fig. 5.46A ponto 1). Neste ponto observam-se taludes abertos aquando da abertura da estrada (Díli para Liquiça) e aflora no local a litologia de natureza pelítica. Observa-se um afloramento muito fraturado e dobrado (Fig. 5.72). Relativamente as estruturas evidentes no afloramento são a estratificação (S_0) com atitude de $N248^{\circ};28NW$ e eixo da dobra sub-horizontal (SH) para $N236^{\circ}$. Nos quais foi colhida a amostra DS1B (Fig. 5.72B).

A amostra é caracterizada como quartzo-filito. Microscopicamente possui uma textura grano-lepidoblástica (Figs. 5.72B e D), e apresenta estruturação semelhante à das amostras anteriores: a estratificação (S_0) é sub-paralela à foliação principal (S_n), embora por vezes esteja refratada. S_n foi posteriormente crenulada pela deformação D_{n+1} (Fig. 5. 73).

O quartzo-filito (DS1B) essencialmente é constituído por mica branca concentrada quer na foliação principal crenulada quer na refratada. Sobre S_n existem, quartzo, óxido de ferro, clorite e matéria orgânica (Fig. 5.74).

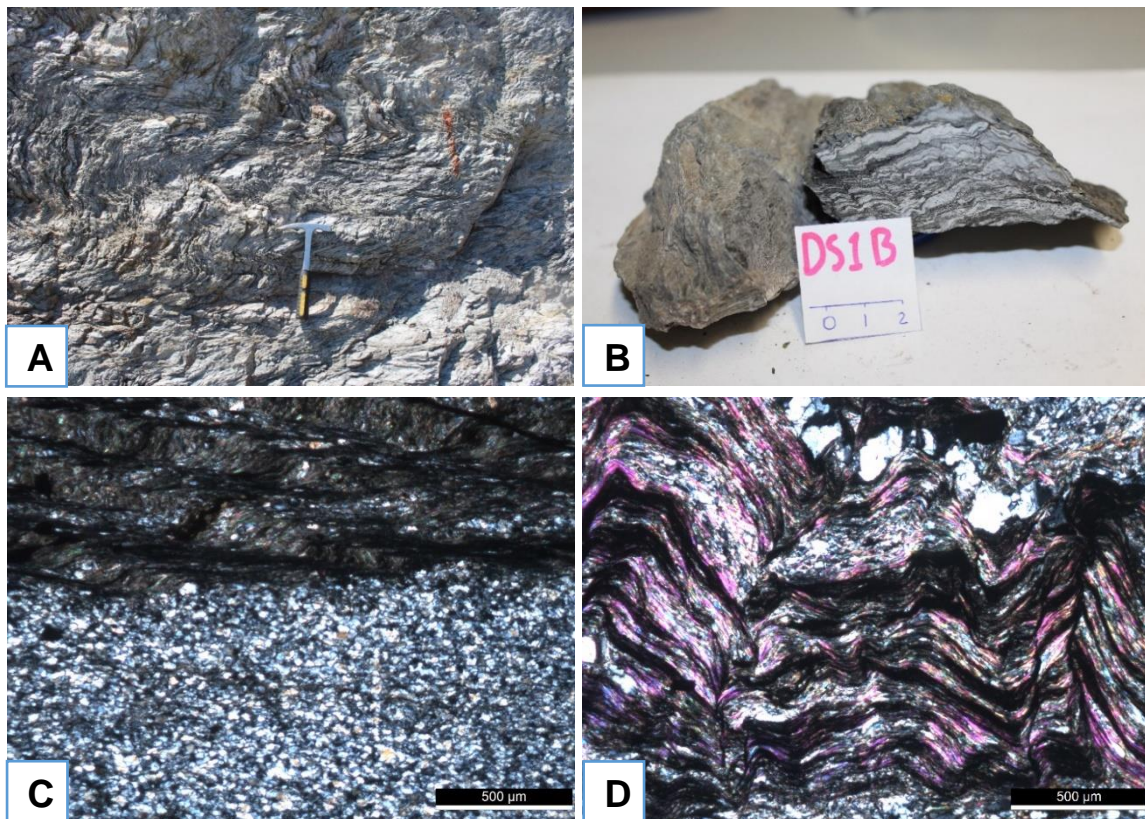


Figura 5. 72: Amostra DS1B – quartzo-filito: A) Afloramento B, onde foi recolhida a amostra DS1B; B) amostra de mão; C e D) Microfotografias evidenciando textura grano-lepidoblástica: granoblástica marcada por concentração de quartzo e lepidoblástica por bandas de micas (S_n/S_0) (ambos em NX).

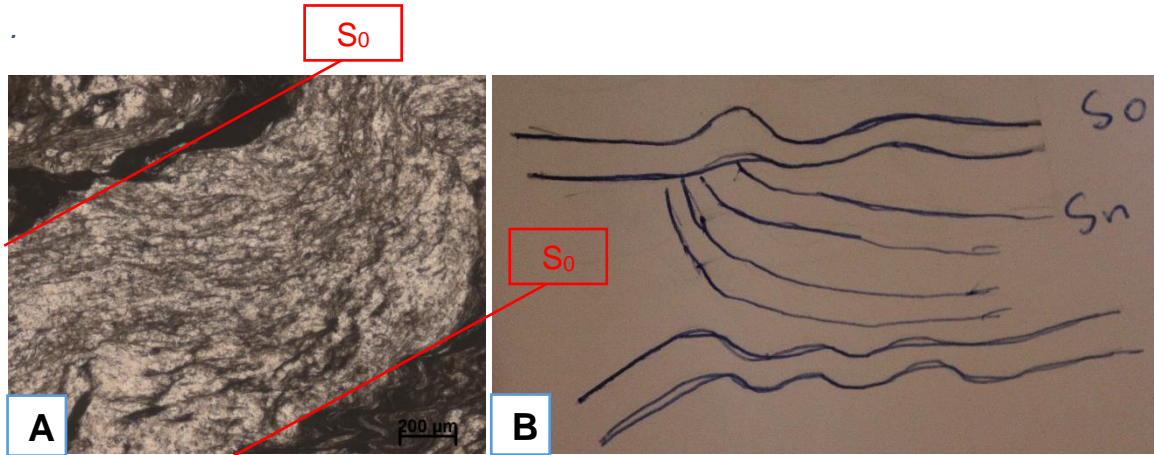


Figura 5. 73: A) Microfotografia da morfologia de foliação; B) Esquema da refração da foliação.

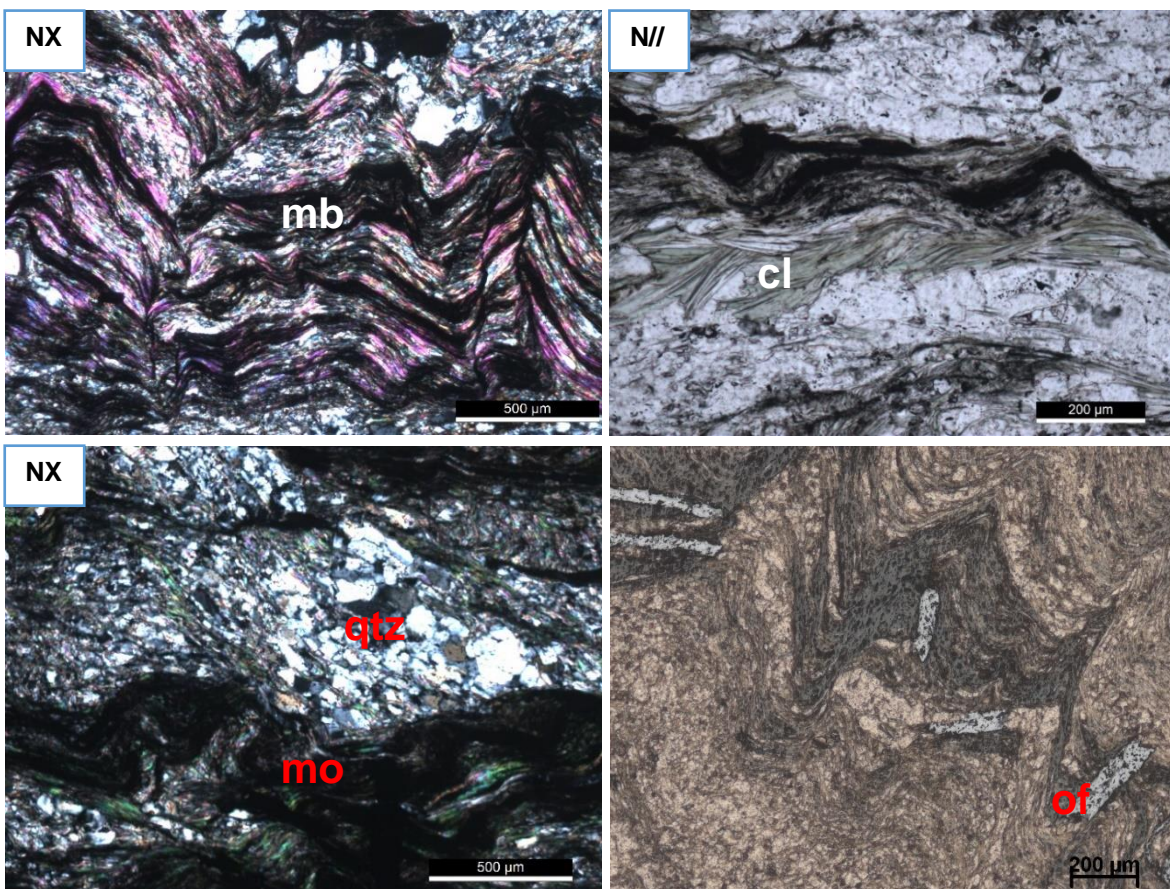


Figura 5. 74: Microfotografias de quartzo-filito (amostra DS1B) evidenciando os cristais mica branca (mb), quartzo (qtz), clorite (cl), matéria orgânica (mo) e óxido de ferro (of).

A estrutura, textura e composição mineralógica das litologias estudadas neste afloramento (Figs. 5.72) permitem tirar conclusões sobre a evolução das condições metamórficas. As relações de blastese com a deformação confirmaram que estas litologias foram afetadas por duas fases de deformação: D_n e D_{n+1} .

Sendo a clorite é o mineral tipomorfo do pico metamórfico, confirma-se que as condições metamórficas não ultrapassaram a zona de clorite, da fácies dos xistos verdes.

CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÃO FINAIS

O presente trabalho teve como principal objetivo, definir as paragénese metamórficas nas diferentes litologias; caracterizar a sua evolução e alteração; caracterizar as microestruturas, relacionando-as com as macro-estruturas descritas nos afloramentos e o estabelecimento da cronologia relativa dos processos, metamórficos e de deformação das rochas da costa norte de Timor no Complexo Metamórfico de Aileu, Timor Leste. Assim, com os estudos efetuados podemos concluir quais os efeitos metamórficos e as fases de deformação induzidas pelas rochas estudadas.

As litologias que foram estudadas são predominantemente rochas pelítica, nomeadamente as litologias das amostras: quartzo-filito das amostras DS1B, DS3E, DS1F, DS1HB, DS2HB, DS1J, DS1KA, e DS1L; filito das amostras DS1C e DS1I (negro), DS3D, DS3F e DS2K (cinzento), DS1D e DS2D (normal); e xistos das amostras DS2F (cloritoso), DS1HA e DS2HA (xisto quartzo-carbonatada).

Alem das rochas pelíticas também foram estudadas algumas rochas básicas e sedimentares, nomeadamente as litologias das amostras: anfibolito das amostras DS1M, DS2M e DS2G (xisto anfibolito); xisto verde das amostras DS1A e DS2A; transição de calcossilcatada para quartzo-filito da amostra DS1G; epidotito da amostra DS3G; mármore impuro da amostra DS1KB; e arenito das amostras DS1E e DS2E.

Os estudos petrográficos e mineralógicos efetuados mostram que as rochas estudadas sofreram pelo menos duas fases de deformação. As rochas metassedimentares apresentam uma foliação principal em geral paralela à estratificação (S_n/S_0). Esta foliação apresenta-se crenulada por uma fase posterior, nem sempre acompanhada por clivagem de crenulação (S_{n+1}).

As condições metamórficas, avaliadas sobretudo pelo estudo das rochas pelíticas, não ultrapassaram a zona de biotite, da fácies dos xistos verdes. A blastese de biotite ocorre em porfiroblastos não muito desenvolvidos e com caráter pós-cinemático sobre S_n . Esta foliação é marcada por um bandado composicional já herdado de S_0 , marcado por alternâncias de bandas lepidoblásticas de mica branca, alternando com bandas granoblásticas essencialmente quartzosas ou quartzo-calcíticas.

As rochas meta-ígneas estudadas incluem anfibolitos, epidotitos e xistos verdes. A sua textura e mineralogia, e a sua associação espacial a rochas pelíticas na zona da biotite, permite considerar que não foram ultrapassadas estas condições metamórficas, correspondentes à fácies dos xistos verdes.

A distribuição geográfica da amostragem permitiu confirmar um gradiente metamórfico desde a zona da clorite a Oeste, até à zona da biotite a Leste. Este gradiente metamórfico de campo está de acordo com o definido por (Berry, 1979; Berry & Grady, 1981), embora não tenhamos confirmado que tenham sido atingidas condições metamórficas da fácies anfibolítica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros e Artigos

- Azeredo Leme, J. C. (1968). Breve ensaio sobre a geologia da Provincia de Timor. Junta de Investigações do Ultramar, 69p.
- Audley-Charles, M. G. (1968). The geology of Portuguese Timor. *Geological Society of London*.
- Audley-Charles, M. G. (2004). Ocean trench blocked and obliterated by Banda forearc collision with Australian proximal continental slope. *Tectonophysics*, 389(1), 65-79.
- Audley-Charles, M. G. (2011). Tectonic post-collision processes in Timor. *Geological Society, London, Special Publications*, 355(1), 241-266.
- Bard, J. P. (1986). *Microtextures of igneous and metamorphic rocks* (Vol. 1): Springer Science & Business Media.
- Bea, F. (1996). Residence of REE, Y, Th and U in granites and crustal protoliths; implications for the chemistry of crustal melts. *Journal of petrology*, 37(3), 521-552.
- Berry, R. F. (1979). *Deformation and metamorphism of the Aileu formation, East Timor*. (PhD), Flinders University of South Australia.
- Berry, R. F., & Grady, A. E. (1981). Deformation and metamorphism of the Aileu Formation, north coast, East Timor and its tectonic significance. *Journal of Structural Geology*, 3(2), 143-167. doi:[https://doi.org/10.1016/0191-8141\(81\)90011-0](https://doi.org/10.1016/0191-8141(81)90011-0)
- Bucher, K., & Grapes, R. (2011). Metamorphic Grade. In *Petrogenesis of Metamorphic Rocks* (pp. 119-187). Springer Berlin Heidelberg.
- Carvalho, A. M. G. (1997). *Geologia: petrogénese e orogénese*. Universidade aberta.
- Carvalho, J. M., & Lisboa, J. V. (2003). Breve panorâmica sobre os recursos geológicos não metálicos de Timor Leste. In *VI Congresso Nacional de Geologia, 4 a 6 de Junho de 2003*.
- Charlton, T. R. (2002). The structural setting and tectonic significance of the Lolotoi, Laclubar and Aileu metamorphic massifs, East Timor. *Journal of Asian Earth*

Sciences, 20(7), 851-865. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1367-9120\(01\)00075-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1367-9120(01)00075-X)

- Charlton, T. R., Barber, A. J., Harris, R. A., Barkham, S. T., Bird, P. R., Archbold, N. W., ... & Sorauf, J. E. (2002). The Permian of Timor: stratigraphy, palaeontology and palaeogeography. *Journal of Asian Earth Sciences*, 20(6), 719-774. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1367-9120\(02\)00018-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1367-9120(02)00018-4)
- Cinatti, R. A., Mendes, A. D. S., MENDES, A., & SIQUEIRA, A. B. (1987). *Arquitectura timorens* (No. 720.48 C574). Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa (Portugal). Museu de Etnologia. Coe, A., Argles, T., Rothery, D., Spicer, R., 2010. *Geological Field Techniques*. Chichester: Wiley Blackwell. 323 pp.
- Monteiro, F. C., & Pinto, V. C. (2003). Exploring Timor-Leste: Minerals Potential. *Pacific Economic Cooperation Council-PECC Minerals Network, Brisbane, Queensland*, 17.
- Nogueira, P. (2012). Catálogo de rochas de Timor-Leste.
- Prasetvaar, C., & Harris, R. A. (1995). Structure and tectonic significance of the Aileu'formation East Timor, Indonesia.
- Schmid, R., Fettes, D., Harte, B., Davis, E., & Desmons, J. (2007). 1. How to name a Metamorphic Rock. *Recommendations by the IUGS subcommission on the systematics of metamorphic rocks. Web version*, 1(07).
- Smulikowski, W., Desmons, J., & Fettes, D. (2007). *Types, grade and facies of metamorphism. Recommendations by the IUGS subcommission on the systematics of metamorphic rocks*. Cambridge University Press.
- Spear, F. S. (1995). *Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths* (p. 799). Washington: Mineralogical Society of America.
- Spencer, C. J., Harris, R. A., & Major, J. R. (2015). Provenance of Permian–Triassic Gondwana Sequence units accreted to the Banda Arc in the Timor region: Constraints from zircon U–Pb and Hf isotopes. *Gondwana Research*, 38, 28-39. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2015.10.012>
- Van der Pluijm, B. A., & Marshak, S. (2004). *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics* (Leo A. W. Wiegman Ed. Second Edition ed.). W • w • n o r t o n & c o m p a n y n e w y o r k • L o n d o n.
- Yardley, B. W. (1989). *An introduction to metamorphic petrology*. Prentice Hall.

Página consultadas

<https://www.bgs.ac.uk/scmr/products.html> no dia 10/2016

<http://www.mapas-asia.com/sudeste-politico.htm> (14/10/2016)

<http://www.ebah.pt/content/ABAAABbLoAl/microestruturas-rochas-metamorficas#comments> 10/2016

<http://geology.com/rocks/metamorphic-rocks.shtml> no dia 11/11/2016

http://www.ugr.es/~velilla/atlas_mineral.html (15/11/2016)

<http://webmineral.com/> (01/2016)

Documentos adicional:

RIBEIRO, M. A. M. (2004-2005). Textos de apoio às aulas teóricas - petrologia metamórfica. 139pp. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

Severin, K. P. (2005). *Energy dispersive spectrometry of common rock forming minerals*. Springer Science & Business Media.

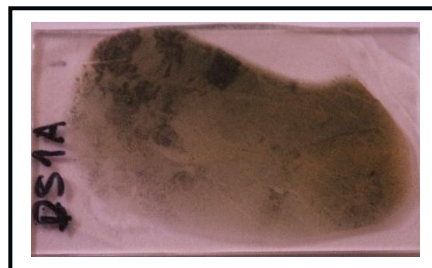
Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (2014). MINERAIS CONSTITUINTES DAS ROCHAS: uma introdução. Fundação Calouste Gulbenkian.

TEIXEIRA, D. R. F. (2011). INVENTÁRIO E CARACTERIZAÇÃO DE AMOSTRAS DE ROCHAS METAMÓRFICAS PARA FINS DIDÁCTICOS - BOLSA DE INTRODUÇÃO À INVESTIGAÇÃO – PETROGRAFIA-. 61pp. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

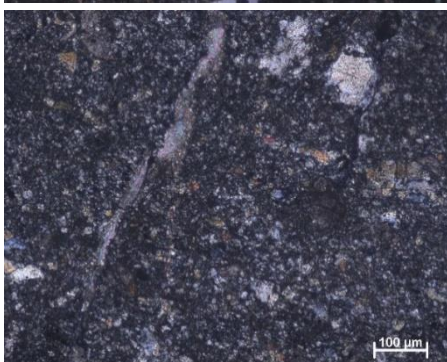
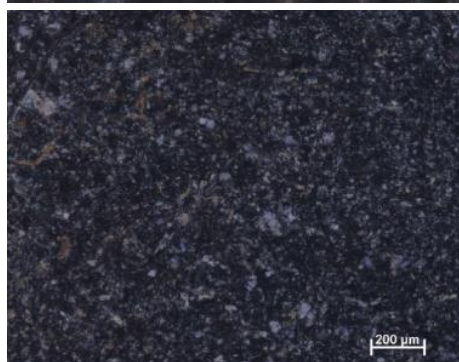
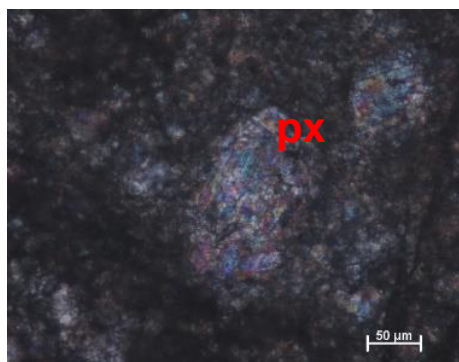
ANEXOS

Anexo I- Ficha petrográfica com a atlas dos minerais existentes para cada amostra.

Amostra DS1A



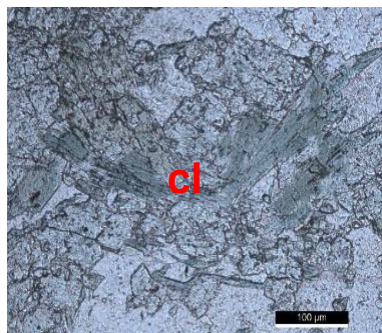
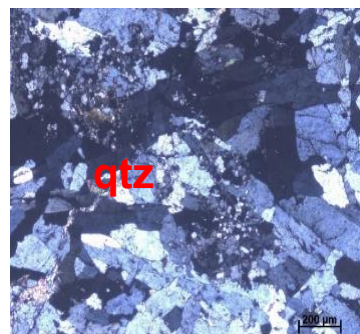
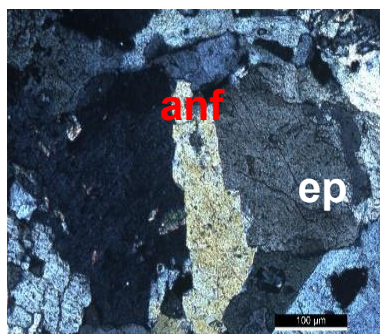
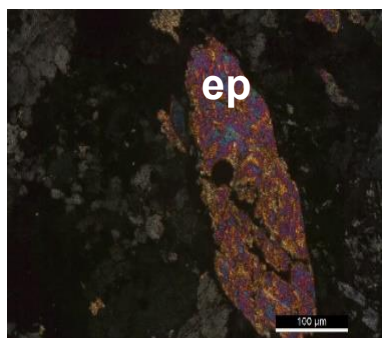
Tipo da rocha	Xisto verde
Descrição macroscópica	Rocha de cor verde pálida e densa. Granularidade muito fina.
Textura	Cataclástica
Mineralogia	Piroxena, epidoto, calcite e quartzo
Observação	-Protólito - rochas básicas



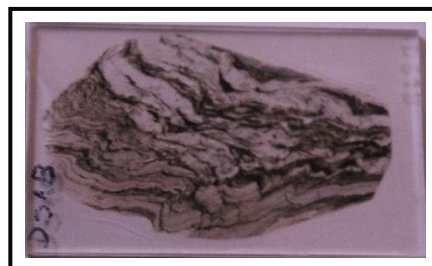
Amostra DS2A




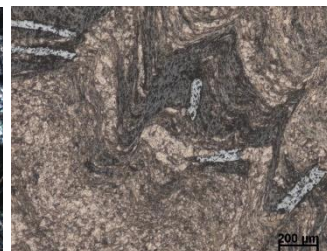
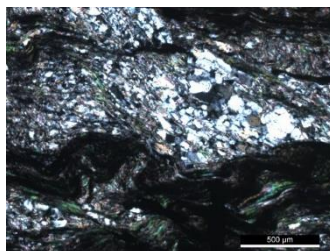
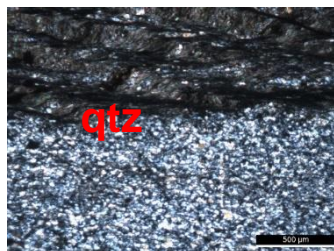
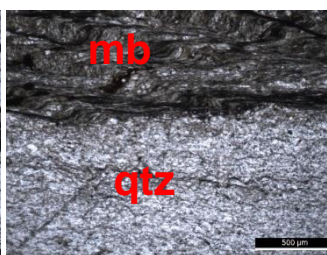
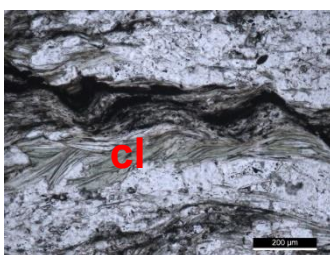
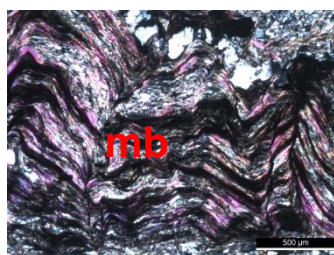
Tipo da rocha	Xisto verde
Descrição macroscópica	Granularidade superior à amostra DS1A Rocha de cor verde pálida e densa.
Textura	Granoblástica heterogranular
Mineralogia	Epídoto, plagioclase, anfíbolas, clorite, quartzo e apatite
Observação	-protólito- rochas básicas



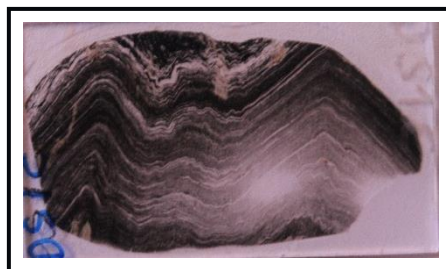
Amostra DS1B

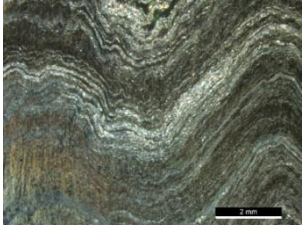
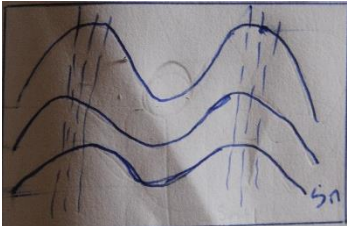


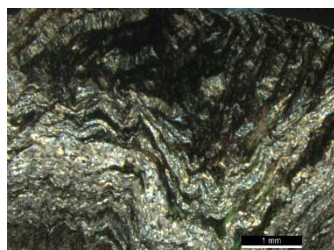
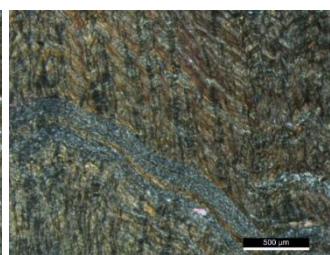
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	Apresenta níveis quartzosos e micaceas com estrutura dobradas heterogenea
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Mica branca, quartzo, clorite, matéria orgânica e óxido de ferro
Esquema da lâmina	 <p>S₀ dobrada S_n refratada</p>
Observação	<p>-Protólito: rochas pelíticas</p> <p>-Fácies de xisto verde na zona de clorite indica metamorfismo de baixo grau.</p> <p>-Apresenta duas fases de deformação (D_n e D_{n+1})</p>



Amostra DS1C



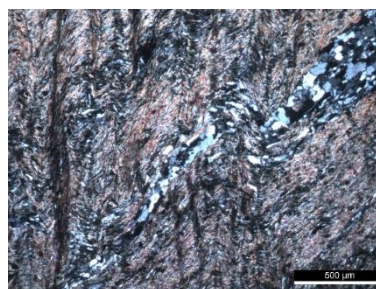
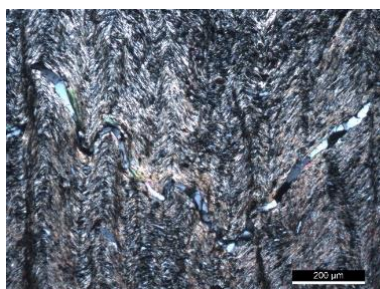
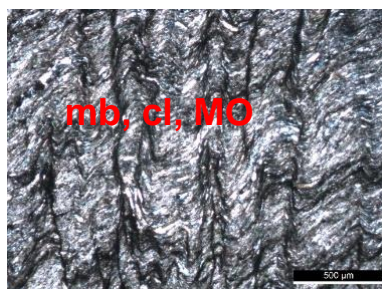
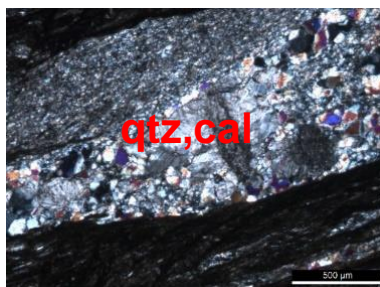
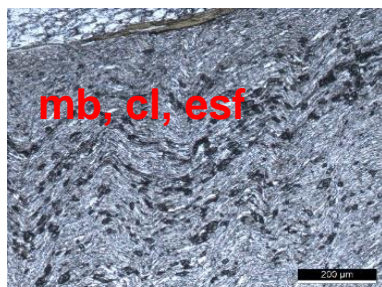
Tipo da rocha	Filito negro
Descrição macroscópica	Rocha cor escuro, granulamétrica fina com estrutura dobrada.
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Mica branca, quartzo, clorite e calcite
Esquema da lâmina	 
Observação	<ul style="list-style-type: none"> -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -Zona de clorite indica metamorfismo de baixo grau -Protólito: rocha pelítica



Amostra DS1D



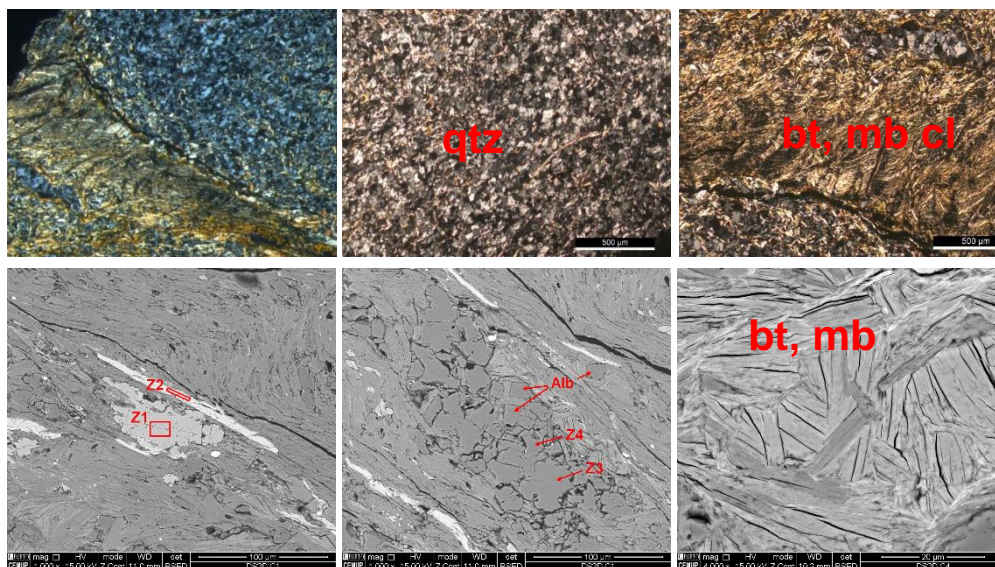
Tipo da rocha	Filito
Descrição macroscópica	Cor cinza, granulometria fina e filonetos de quartzo dobradas na amostra
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Mica branca, quartzo, calcite, clorite, matéria orgânica, biotite e opacos.
Observação	<p>-Rochas pelíticas</p> <p>-Duas fases de deformação D_n e D_{n+1}, associados com foliação posterior (S_{n+1}), marcada por MO.</p> <p>-zona de transição da clorite para biotite</p>



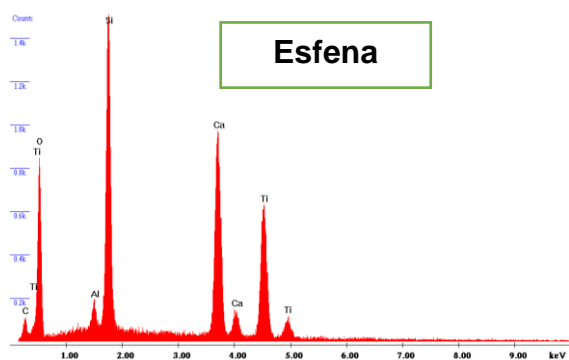
Amostra DS2D



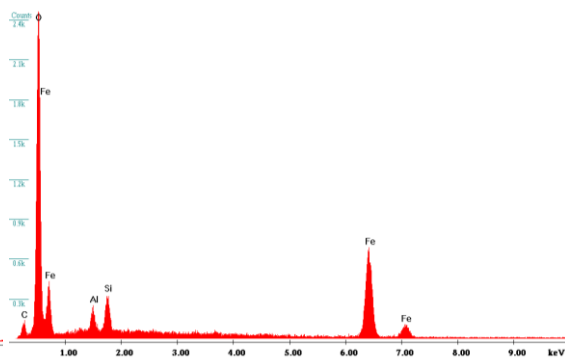
Tipo da rocha	Filito
Descrição macroscópica	Oxidada e estrutura dobrada.
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Quartzo, moscovite, biotite, calcite, clorite, esfena, oxido de ferro, albite, apatite ilmenite, rútilo, bramalite.
Observação	<ul style="list-style-type: none"> -Rochas pelíticas -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -zona transição de clorite para biotite -Z1-esf, Z2-ilm, Z3-alb, Z4-qtz.



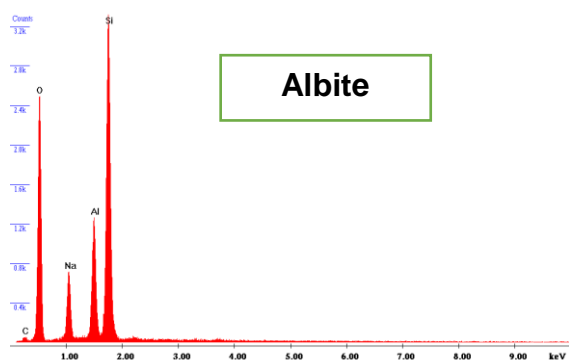
Label A: CEMUP 15keV DS2D C1 Z1



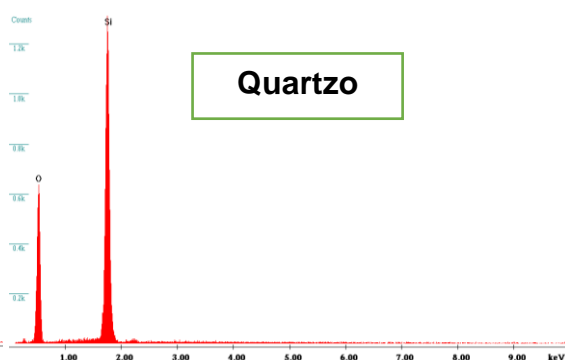
Label A: CEMUP 15keV DS2D C1 Z2



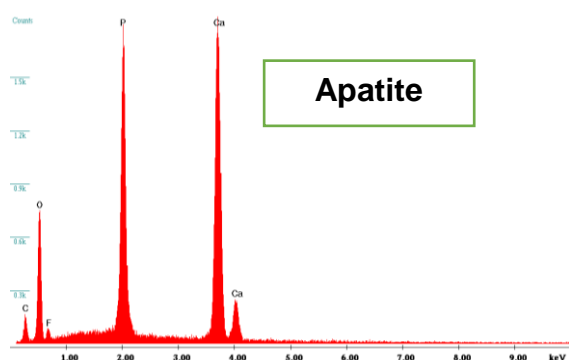
Label A: CEMUP 15keV DS2D C1 Z3



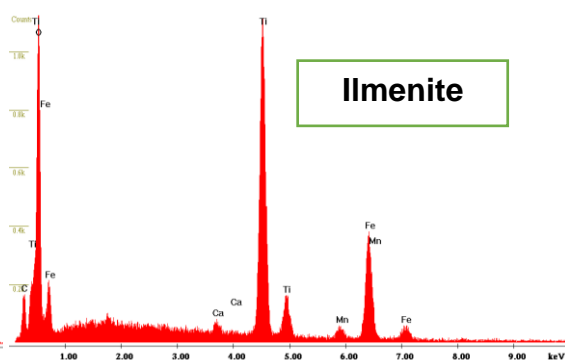
Label A: CEMUP 15keV DS2D C1 Z4



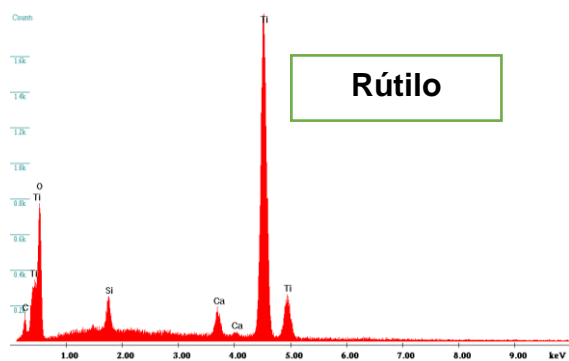
Label A: CEMUP 15keV DS2D C2 Z2



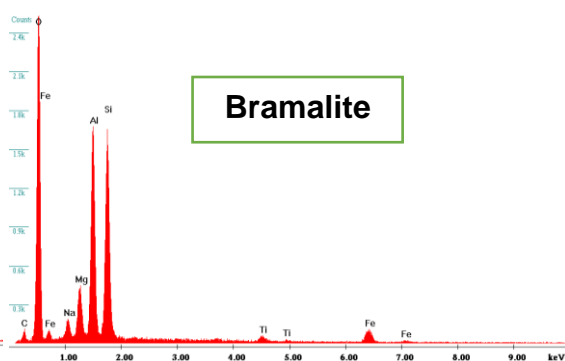
Label A: CEMUP 15keV DS2D C4 Z2



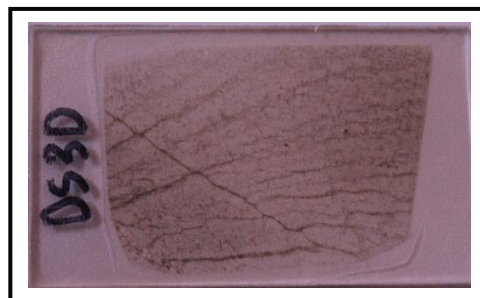
Label A: CEMUP 15keV DS2D C4 Z4



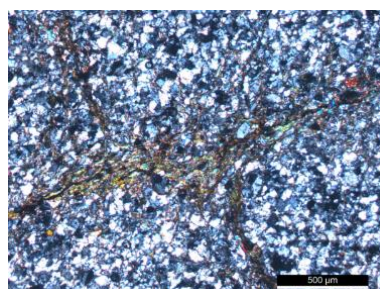
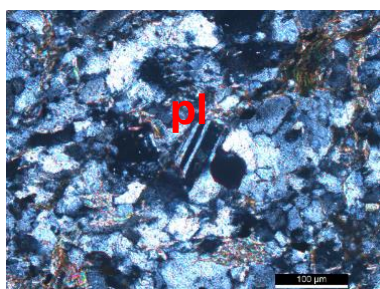
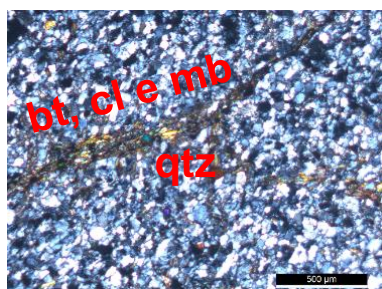
Label A: CEMUP 15keV DS2D C4 Z5



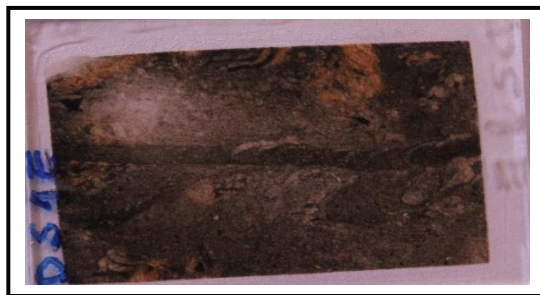
Amostra DS3D



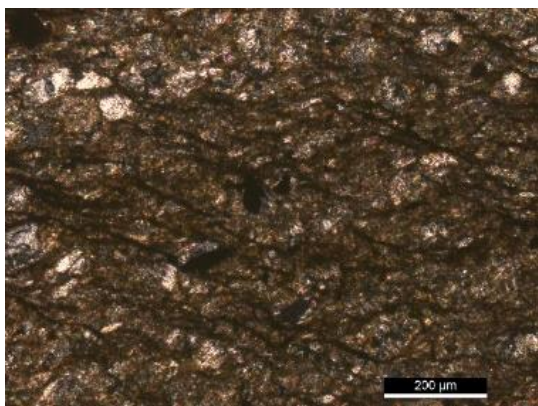
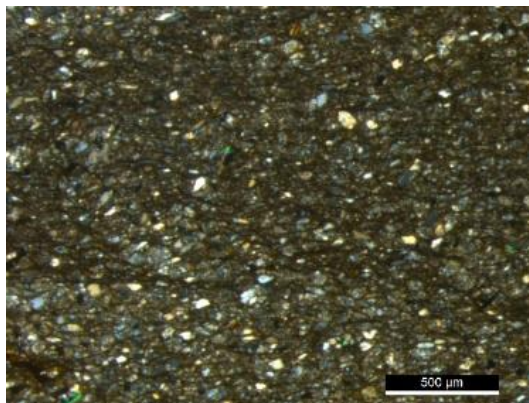
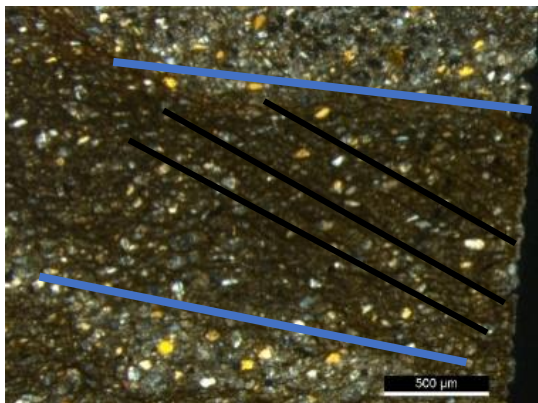
Tipo da rocha	Filito cinzento
Descrição macroscópica	Cor cinzenta, grão fino e estrutura fraturado.
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Biotite, mica branca, quartzo, clorite, zircão, turmalina, plagioclase e opacos.
Observação	-Rocha pelítica -zona transição de clorite para biotite



Amostra DS1E



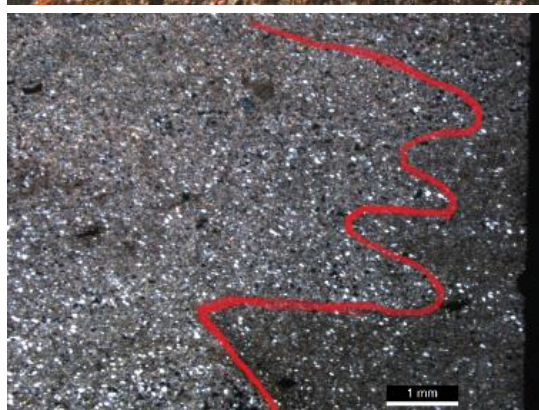
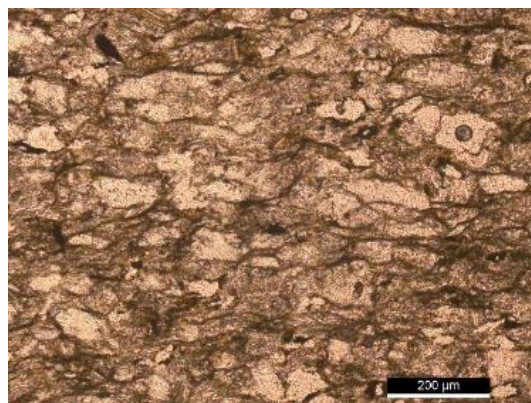
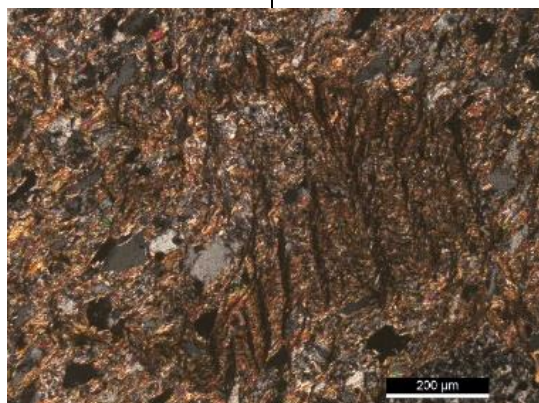
Tipo da rocha	Arenito fino
Descrição macroscópica	Granulometria fina
Textura	Clástica
Mineralogia	Quartzo, mica detrítica, biotite, óxidos, matriz ferruginoso
Observação	<ul style="list-style-type: none"> -Rochas detríticas -Apresenta uma estrutura com clivagem suave, oblíqua à estratificação (S_0) -Arenito de mal calibrado e com clastos mal rolados;



Amostra DS2E



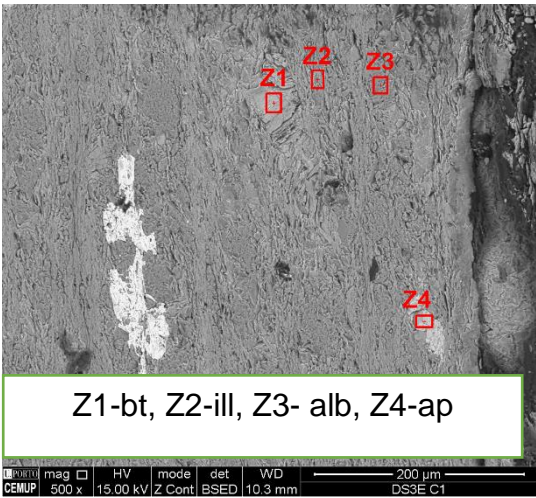
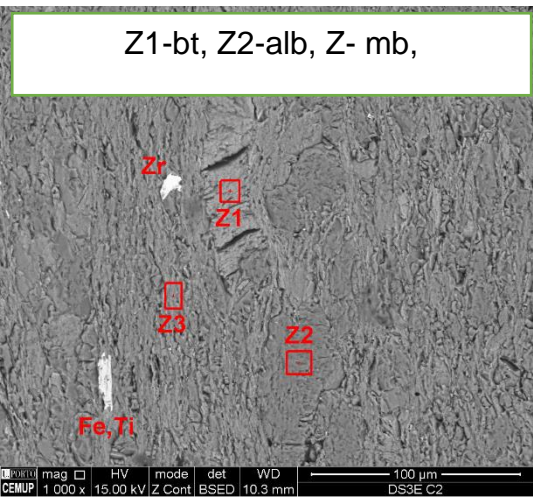
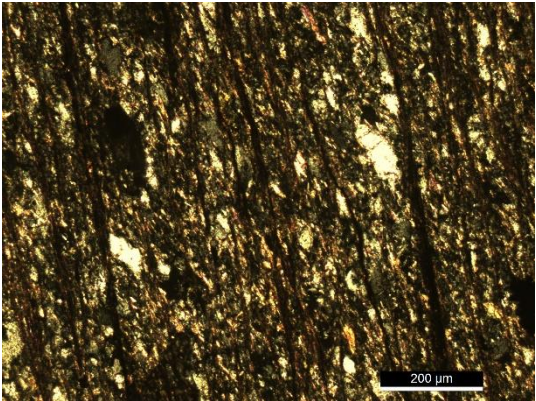
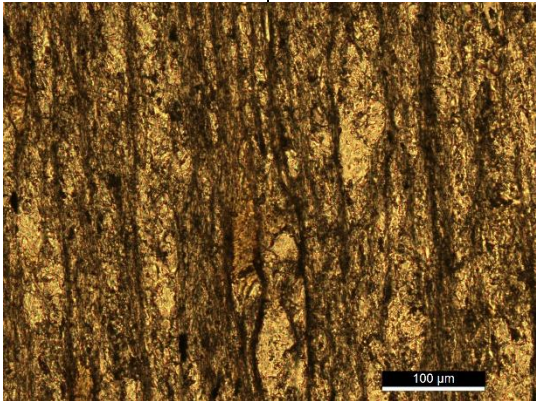
Tipo da rocha	Arenito fino
Descrição macroscópica	
Textura	Clástica
Mineralogia	Mica detritica e recristalizada, quartzo
Observação	-Rochas detríticas -Estratificação (S_0) dobrada



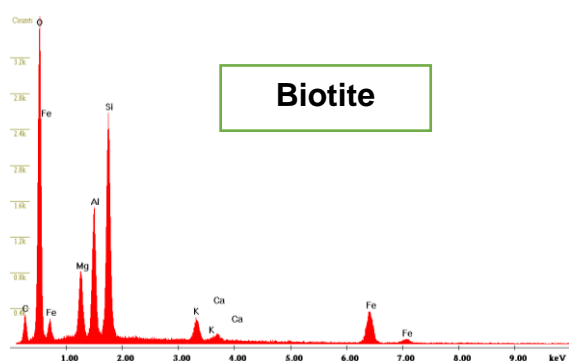
Amostra DS3E



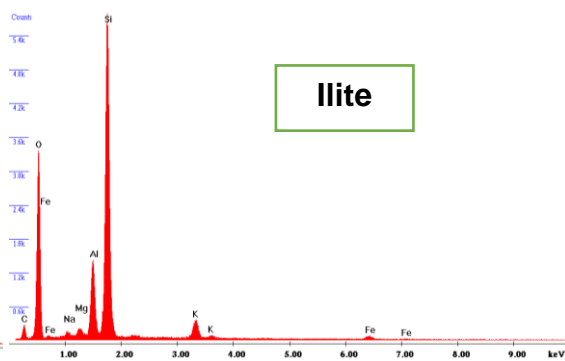
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Quartzo, mica branca de Na (paragonite), albite, biotite incipiente, apatite e ilite.
Observação	-Rocha pelítica -zona clorite



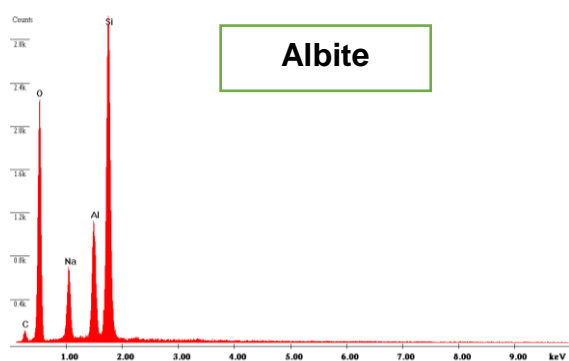
Label A: CEMUP 15keV DS3E C1 Z1



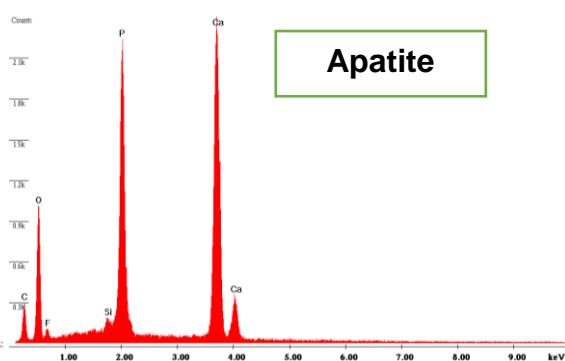
Label A: CEMUP 15keV DS3E C1 Z2



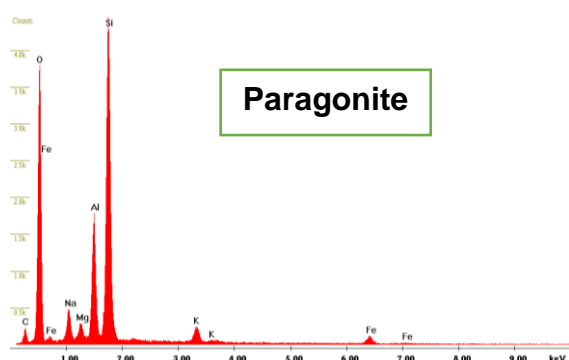
Label A: CEMUP 15keV DS3E C1 Z3



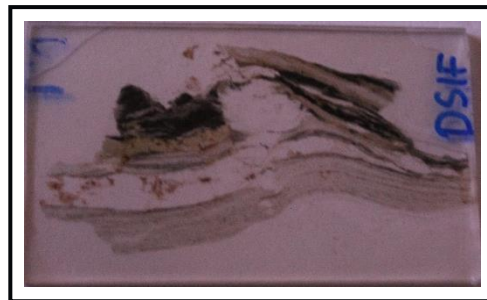
Label A: CEMUP 15keV DS3E C1 Z4



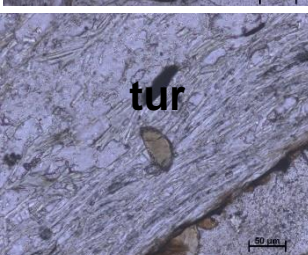
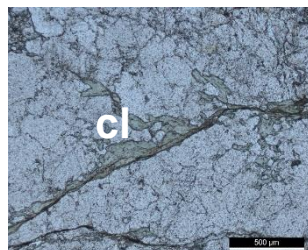
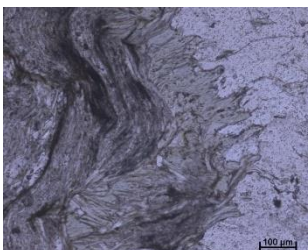
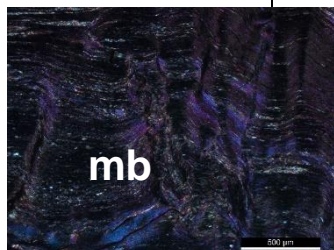
Label A: CEMUP 15keV DS3E C2 Z2



Amostra DS1F



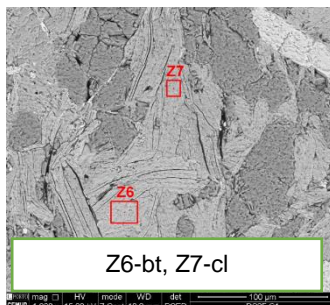
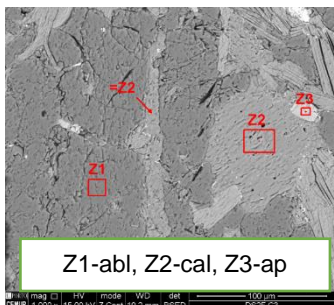
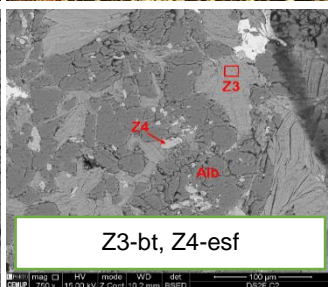
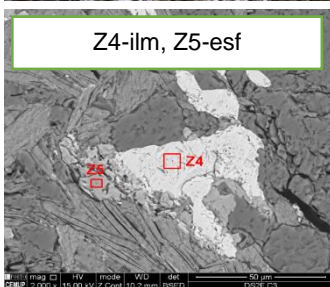
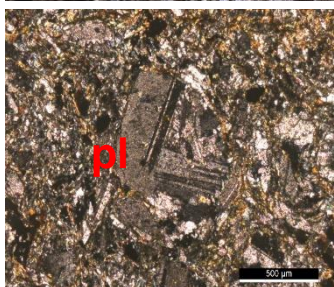
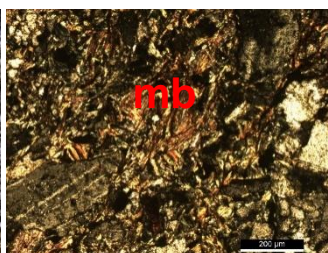
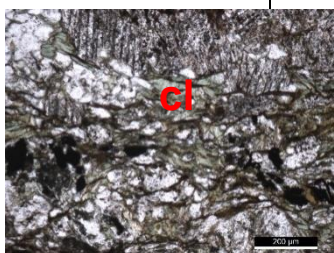
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	Cor escura-bandas pelíticas Cor clara- bandas quartzosa Filoneto de quartzo
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Quartzo, mica branca, clorite, biotite, calcite, turmalina e opacos.
Observação	-Rochas pelíticas -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -zona transição de clorite para biotite



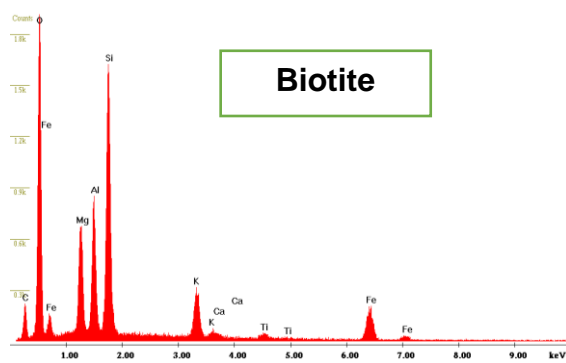
Amostra DS2F



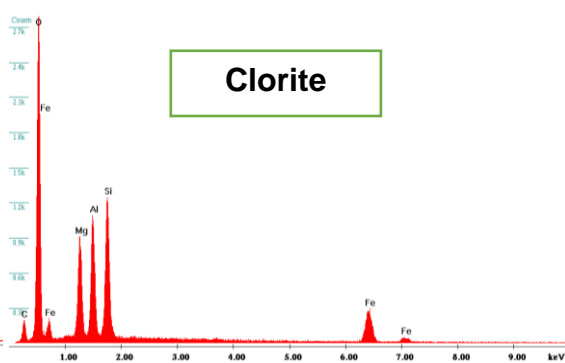
Tipo da rocha	Xisto cloritoso
Descrição macroscópica	
Textura	Granoblástica heterogranular
Mineralogia	Quartzo, calcite, albite, mica branca, biotite, ilmenite, esfena, clorite e apatite
Observação	-Rocha quartzo-feldspática -plagioclase com textura ígnea -zona biotite



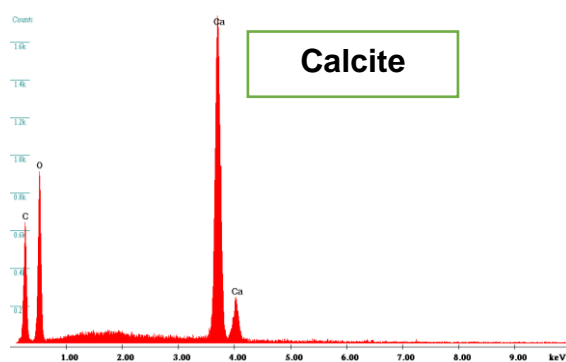
Label A: CEMUP 15keV DS2F C1 Z1

**Biotite**

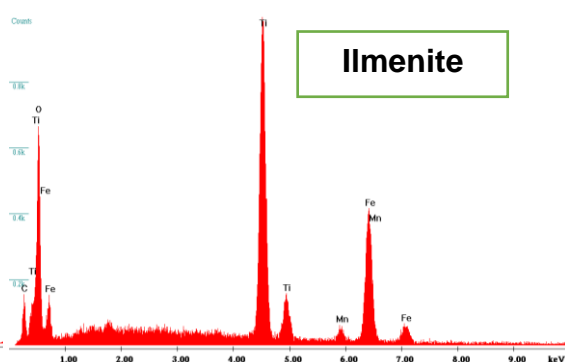
Label A: CEMUP 15keV DS2F C1 Z2

**Clorite**

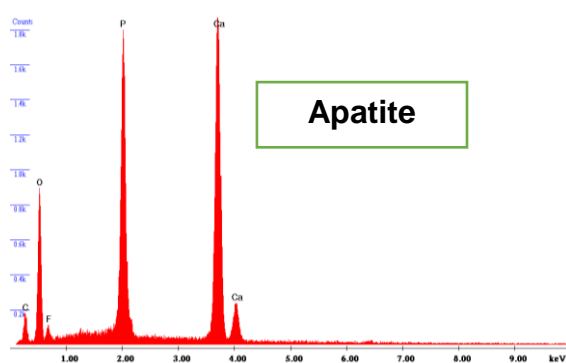
Label A: CEMUP 15keV DS2F C1 Z3

**Calcite**

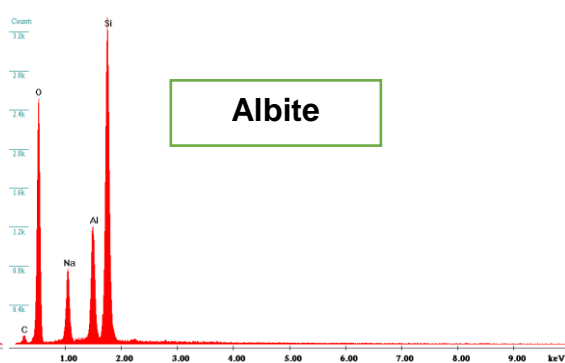
Label A: CEMUP 15keV DS2F C1 Z4

**Ilmenite**

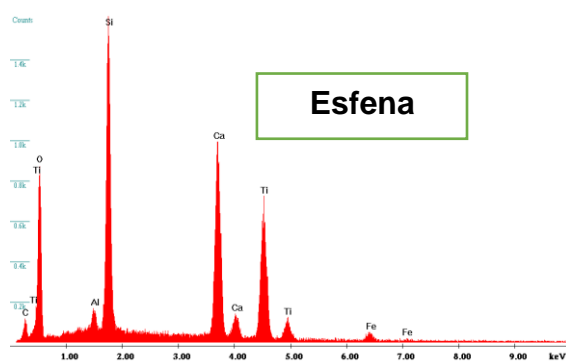
Label A: CEMUP 15keV DS2F C1 Z5

**Apatite**

Label A: CEMUP 15keV DS2F C2 Z1

**Albite**

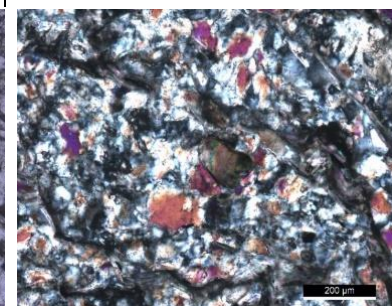
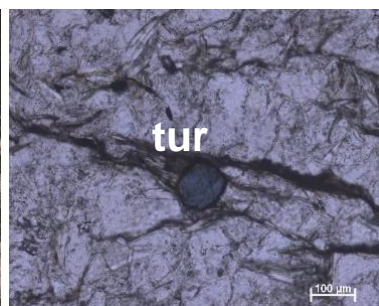
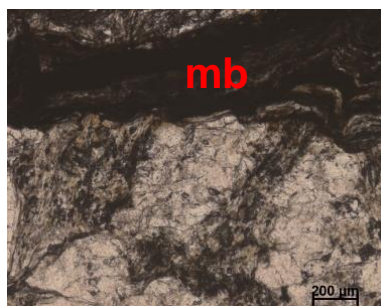
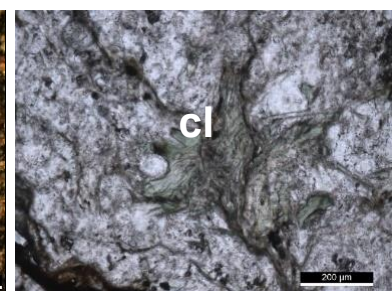
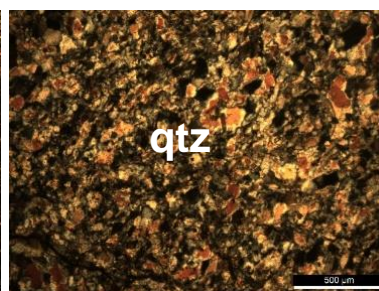
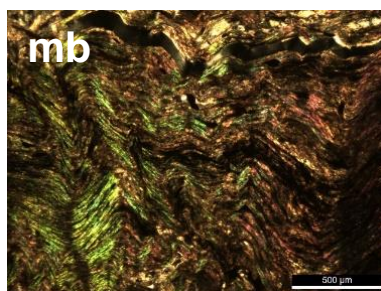
Label A: CEMUP 15keV DS2F C2 Z4

**Esfena**

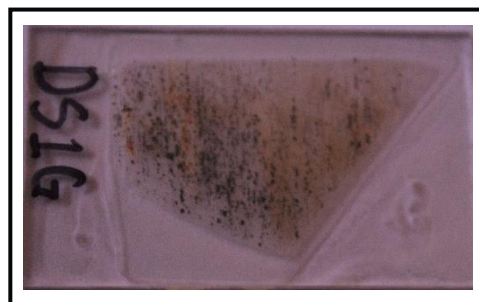
Amostra DS3F



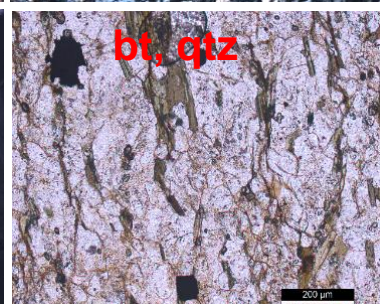
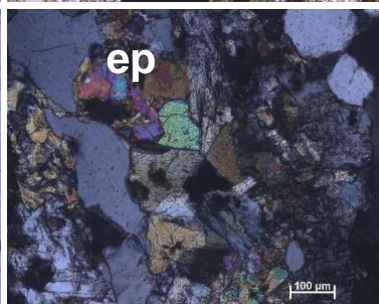
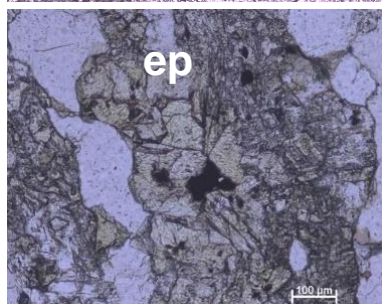
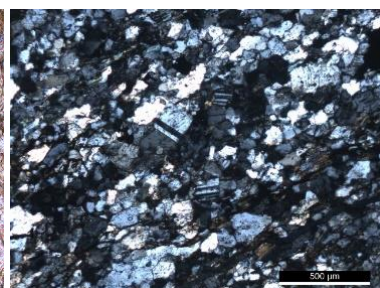
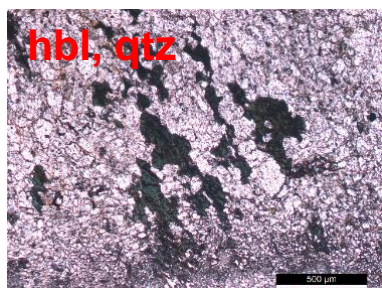
Tipo da rocha	Filito cinzento
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Quartzo, mica branca, clorite e turmalina
Observação	<ul style="list-style-type: none"> -Rochas pelíticas -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -zona transição de clorite para biotite



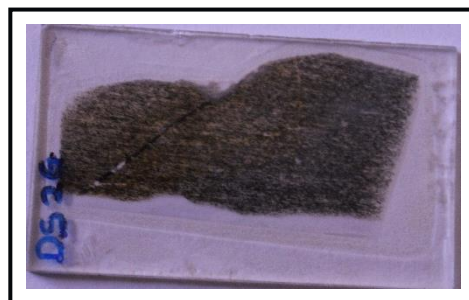
Amostra DS1G



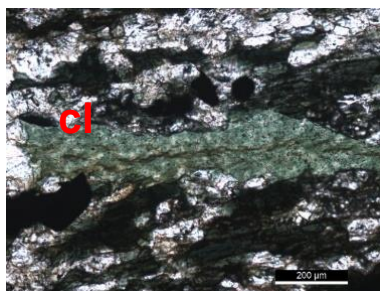
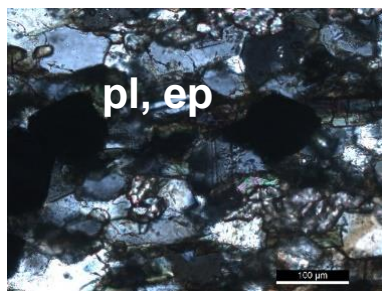
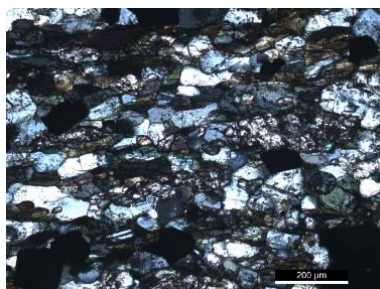
Tipo da rocha	Transição de rocha calcossilicatada para quartzo-filito
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-nematoblástica e granolepidoblástica
Mineralogia	Horneblenda, quartzo, mica branca, quartzo, epídoto, clorite e opacos
Observação	-Rochas básicas e pelítica



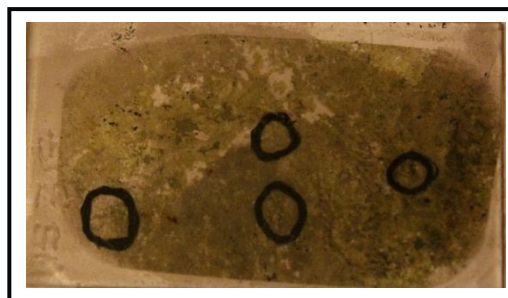
Amostra DS2G



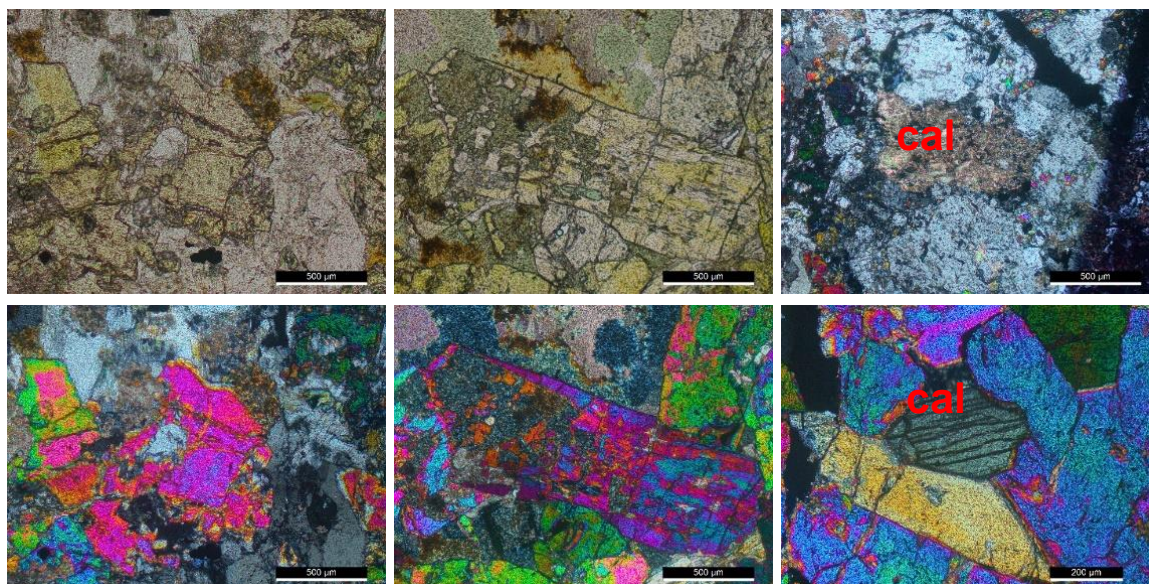
Tipo da rocha	Xisto anfibolito
Descrição macroscópica	Cor verde e apresenta filoneto de calcite.
Textura	Nematoblástica
Mineralogia	Horneblenda, plagioclase, calcite, quartzo, epídoto, clorite e opacos
Observação	-Rochas básicas

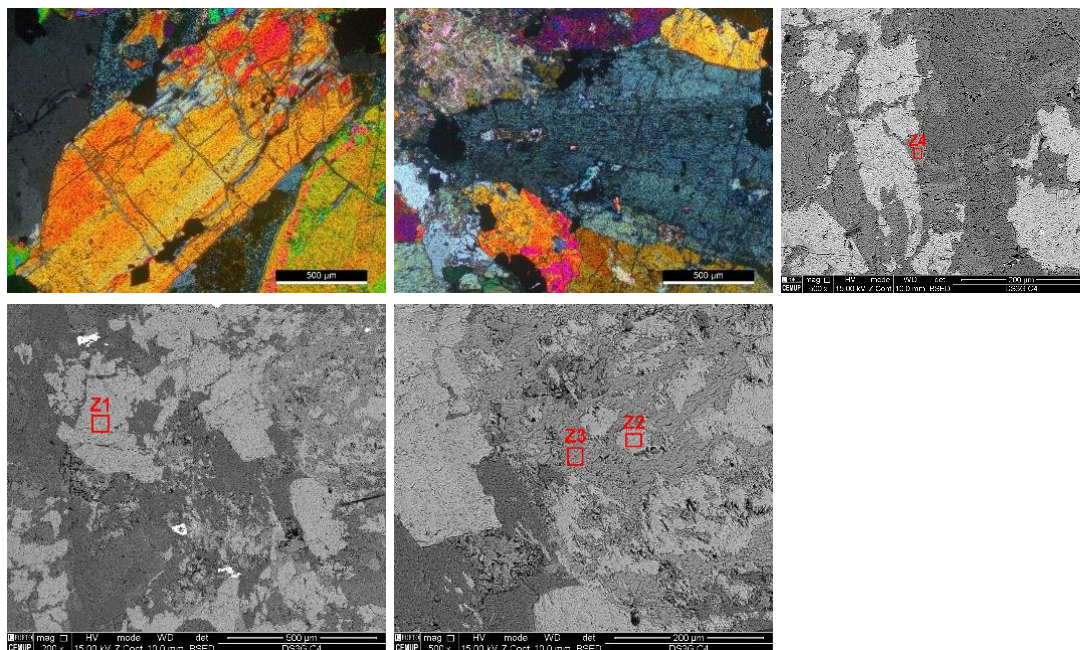


Amostra DS3G

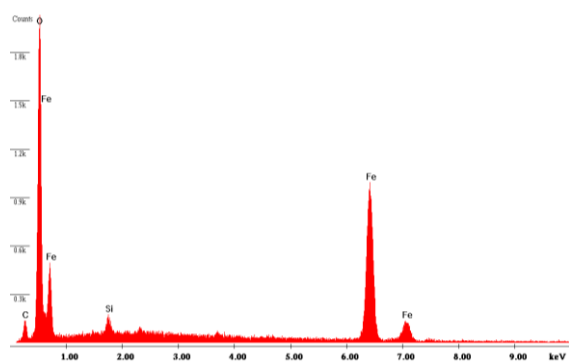


Tipo da rocha	Epidotito
Descrição macroscópica	Cor verde e encontra-se a cortar a amostra DS2G
Textura	Granoblástica
Mineralogia	Epídoto, tremolite actinolite, calcite, paragonite, óxido de ferro, quartzo e hornblenda
Observação	-Rochas básicas -Concentrados essencialmente pos epídotos. -Z1-ep, Z2-anf, Z3-cal, Z4-mb

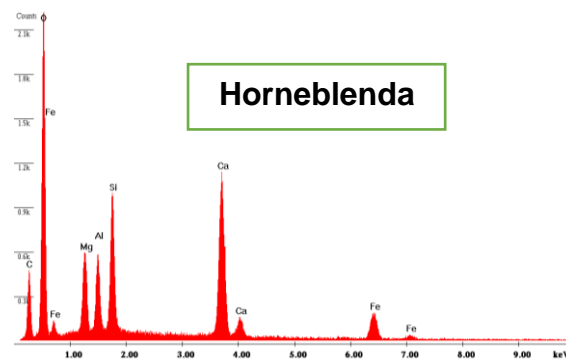




Label A: CEMUP 15keV D53G C1 Z1



Label A: CEMUP 15keV D53G C1 Z2



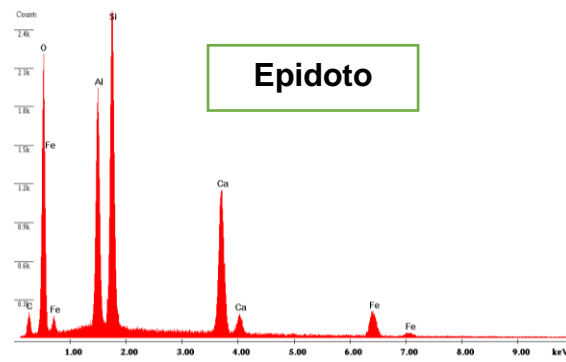
Horneblenda

Label A: CEMUP 15keV D53G C1 Z3



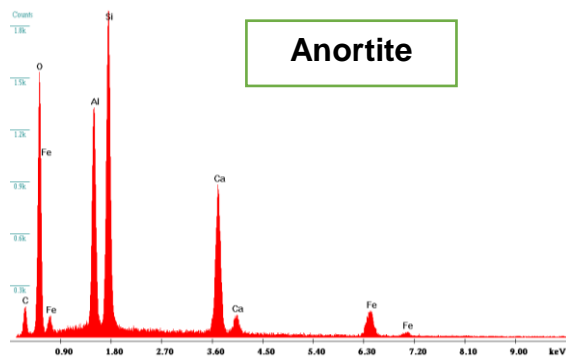
Quartzo

Label A: CEMUP 15keV D53G C1 Z4

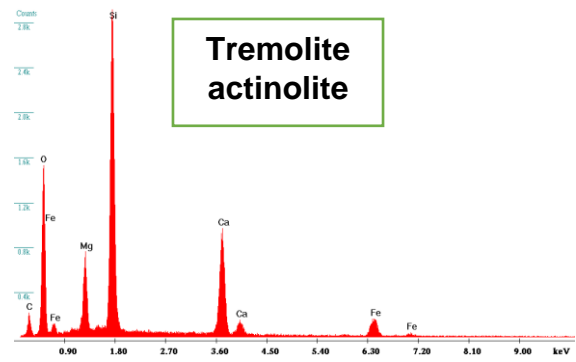


Epidoto

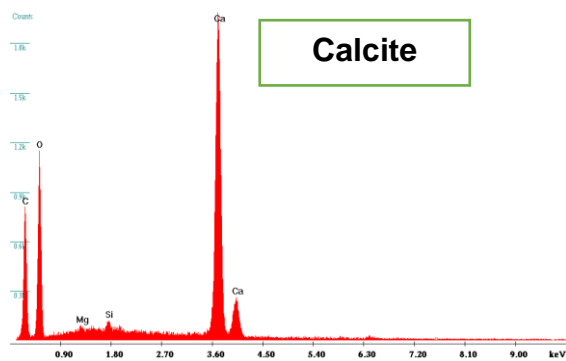
Label A: CEMUP 15keV DS3G Z1



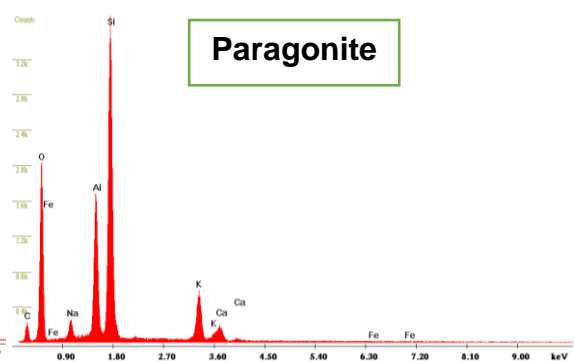
Label A: CEMUP 15keV DS3G Z2



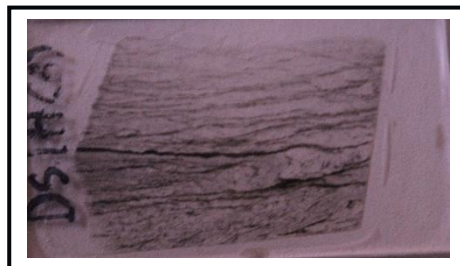
Label A: CEMUP 15keV DS3G Z3



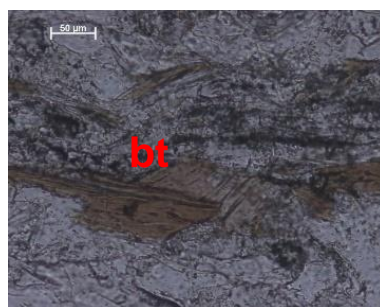
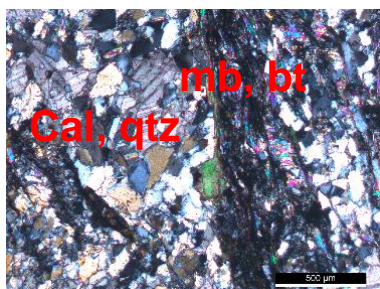
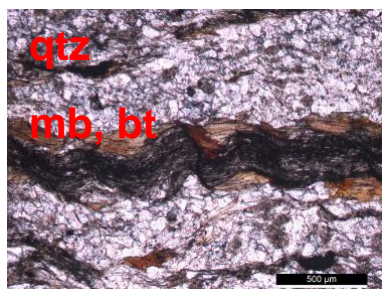
Label A: CEMUP 15keV DS3G Z4



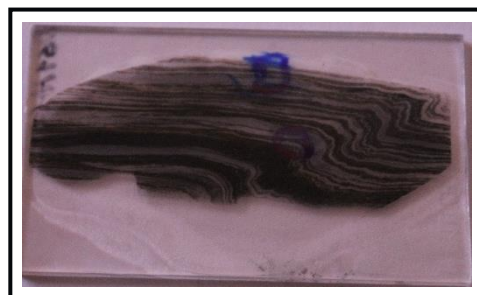
Amostra DS1H(A)



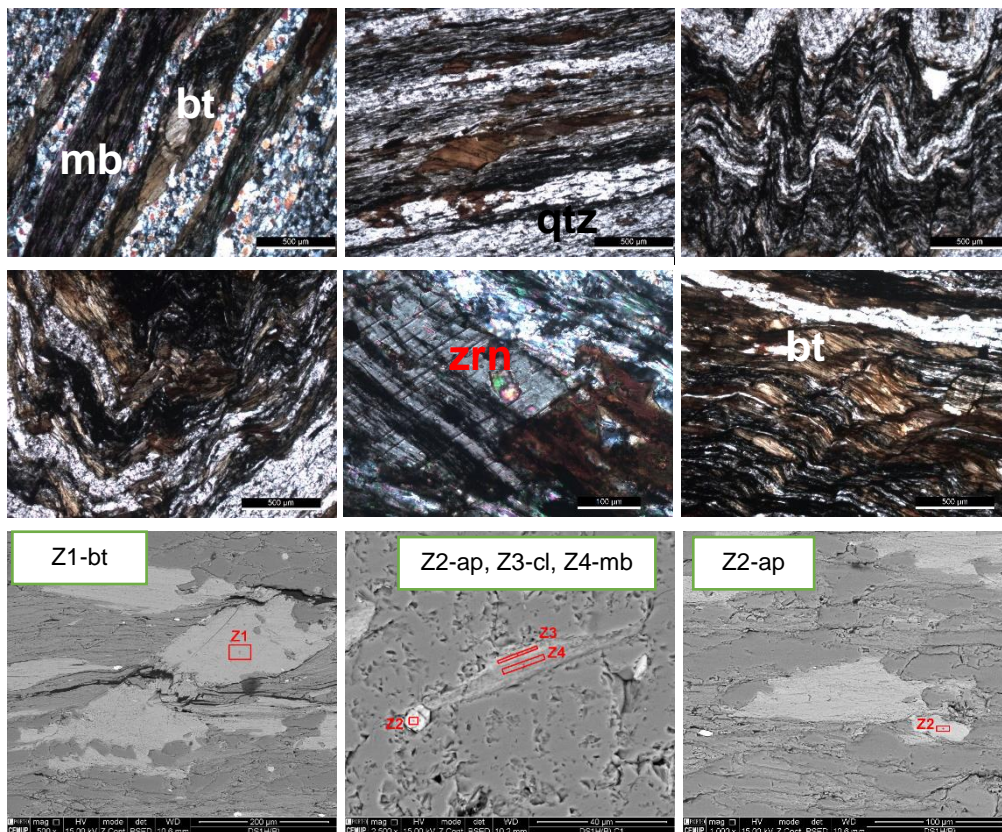
Tipo da rocha	Xisto quartzo-carbonatada
Descrição macroscópica	Cor cinzenta, Granulometria fina
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Biotite, mica branca, calcite, quartzo, opacos e turmalina
Observação	-Rochas pelíticas e carbonatada -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -Zona biotite



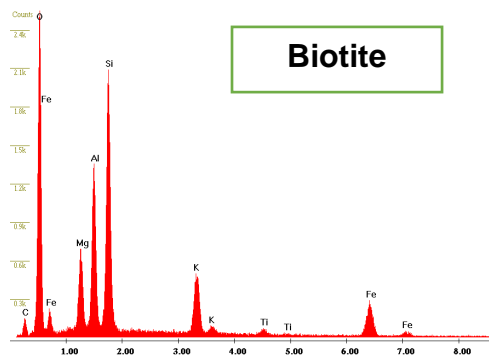
Amostra DS1H(B)



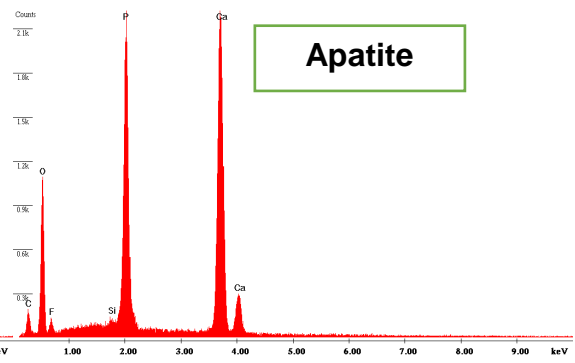
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	Dobrada
Textura	Granolepidoblástica
Mineralogia	Biotite, muito zircão na matriz, fluor apatite, quartzo, clorite, mica branca e óxido de ferro
Observação	-Rochas pelíticas e carbonatada -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -Zona biotite



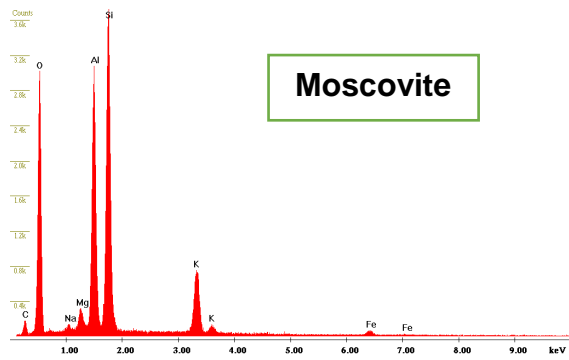
Label A: CEMUP 15keV DS1H(B) Z1



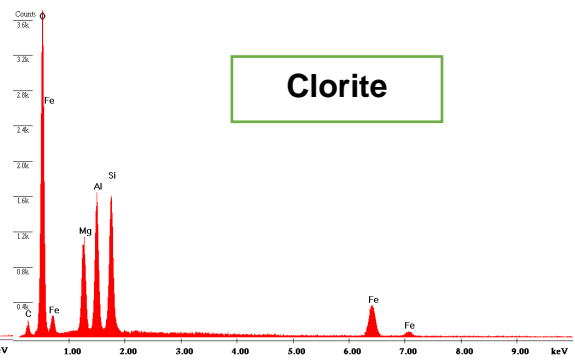
Label A: CEMUP 15keV DS1H(B) Z2



Label A: CEMUP 15keV DS1H(B) C1 Z4



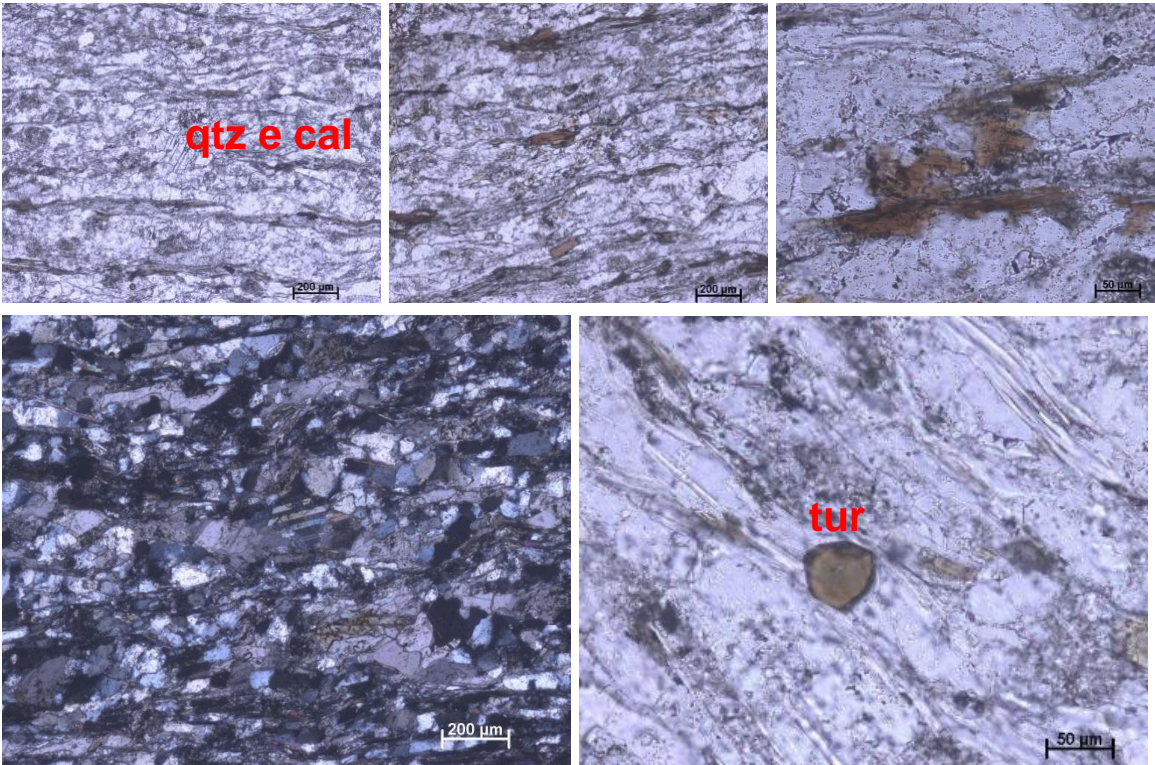
Label A: CEMUP 15keV DS1H(B) Z3



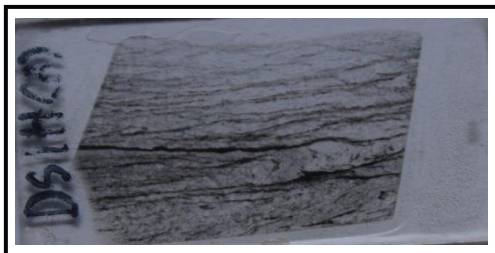
Amostra DS2H(A)



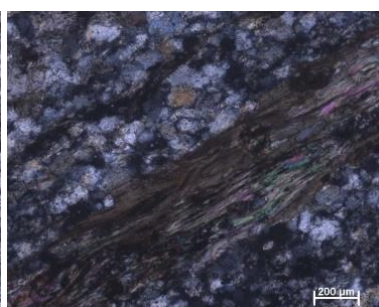
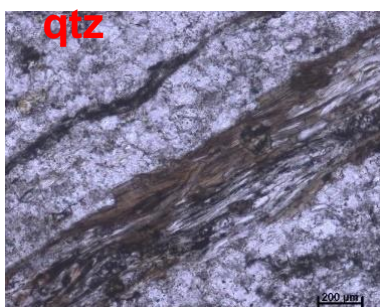
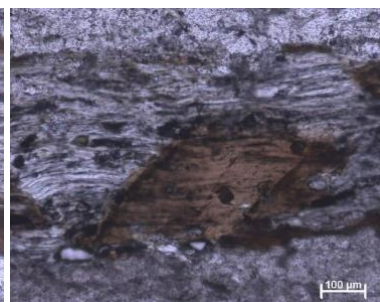
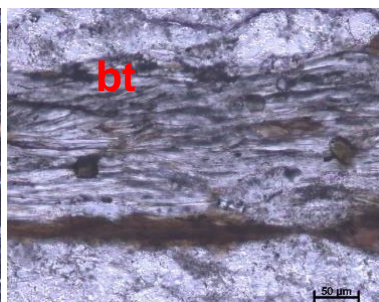
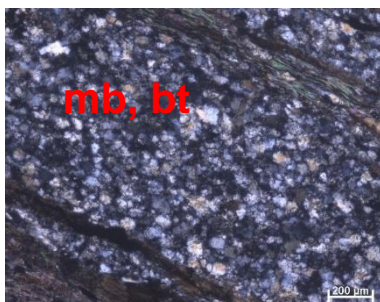
Tipo da rocha	Xisto quartzo-carbonatada
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Quartzo, calcite, biotite, mica branca e turmalina.
Observação	-Rochas pelíticas e carbonatada -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -Zona biotite



Amostra DS2H(B)



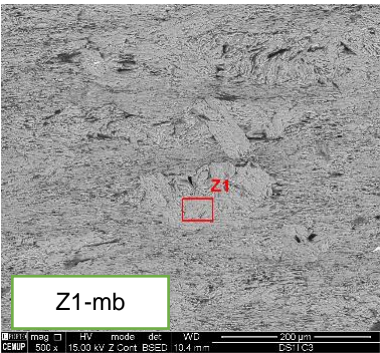
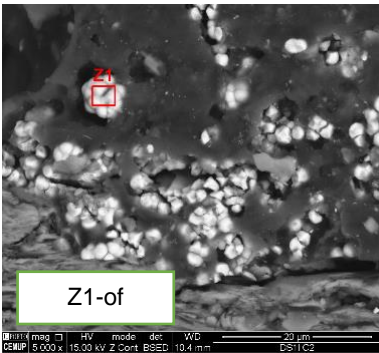
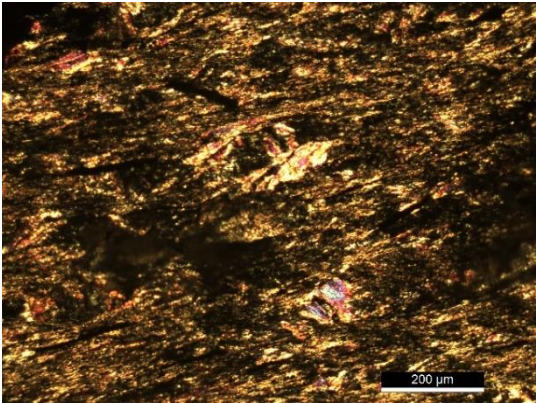
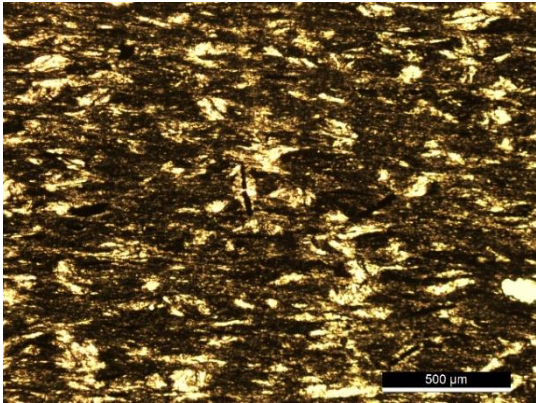
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Biotite, quartzo, calcite, mica branca, óxidos, opacos
Observação	-Rochas pelíticas e carbonatada -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -Zona biotite



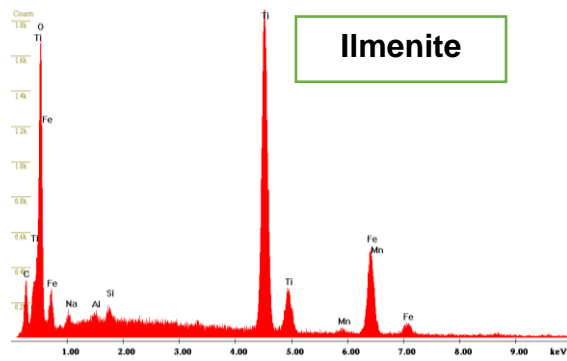
Amostra DS1I



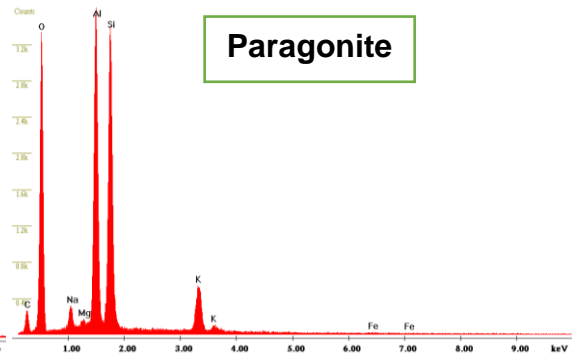
Tipo da rocha	Filito negro
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Micas brancas de Na (paragonite), matéria orgânica dispersa (MOD), opacos (ilmenite, óxido de ferro)
Observação	-Rochas pelíticas



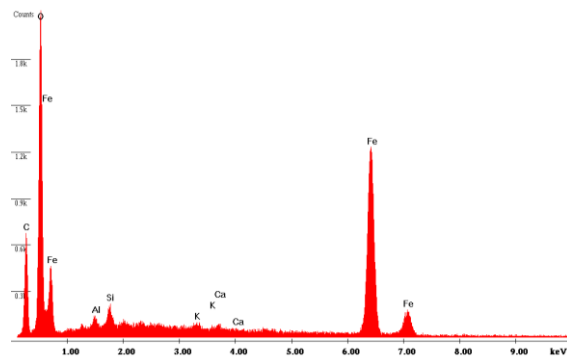
Label A: CEMUP 15keV DS11 C1 Z1



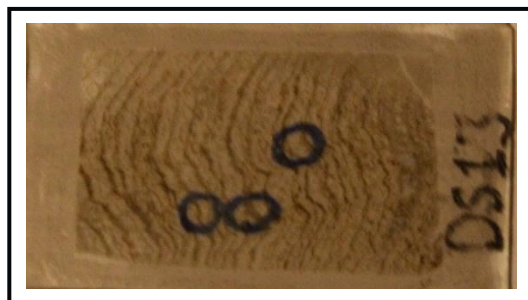
Label A: CEMUP 15keV DS11 C1 Z2



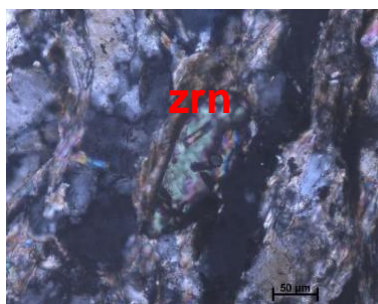
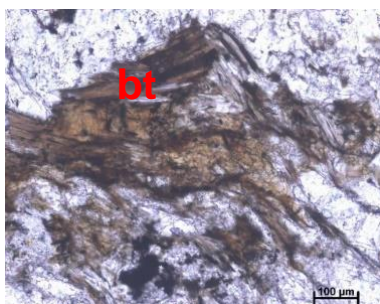
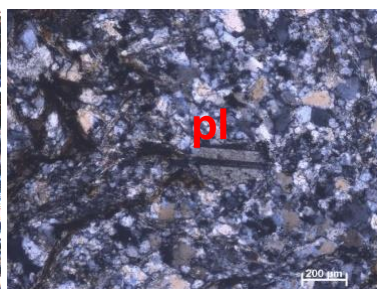
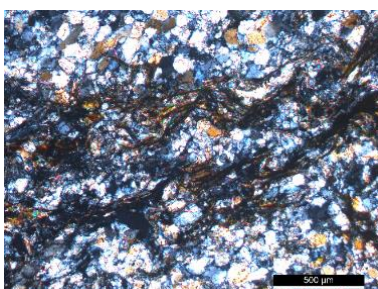
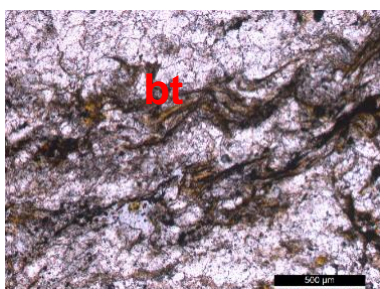
Label A: CEMUP 15keV DS11 C2 Z1

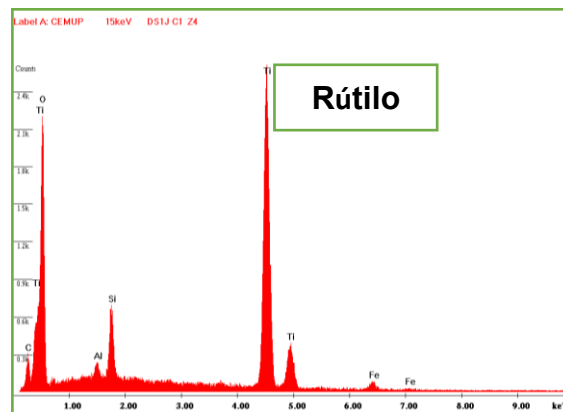
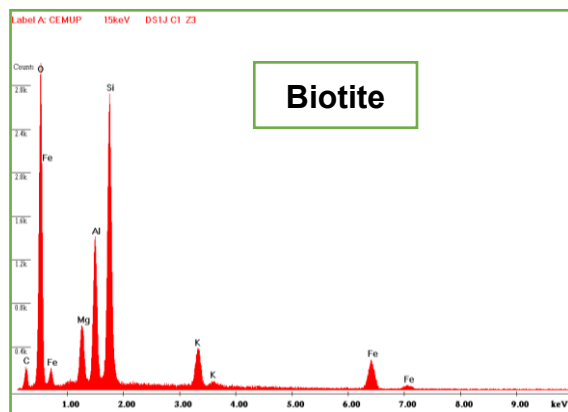
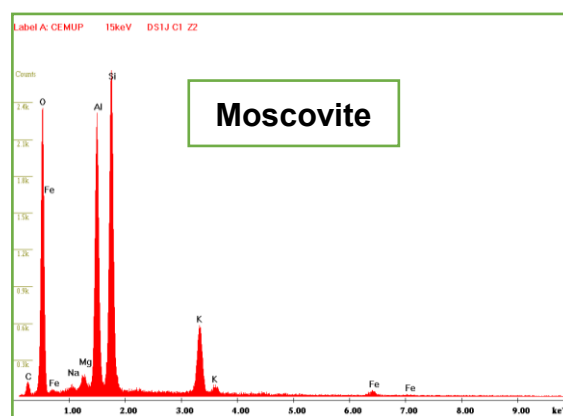
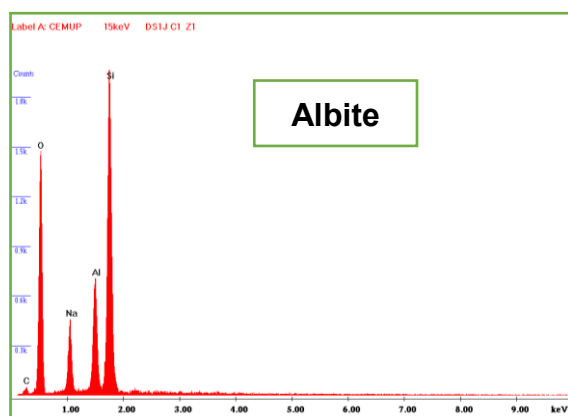
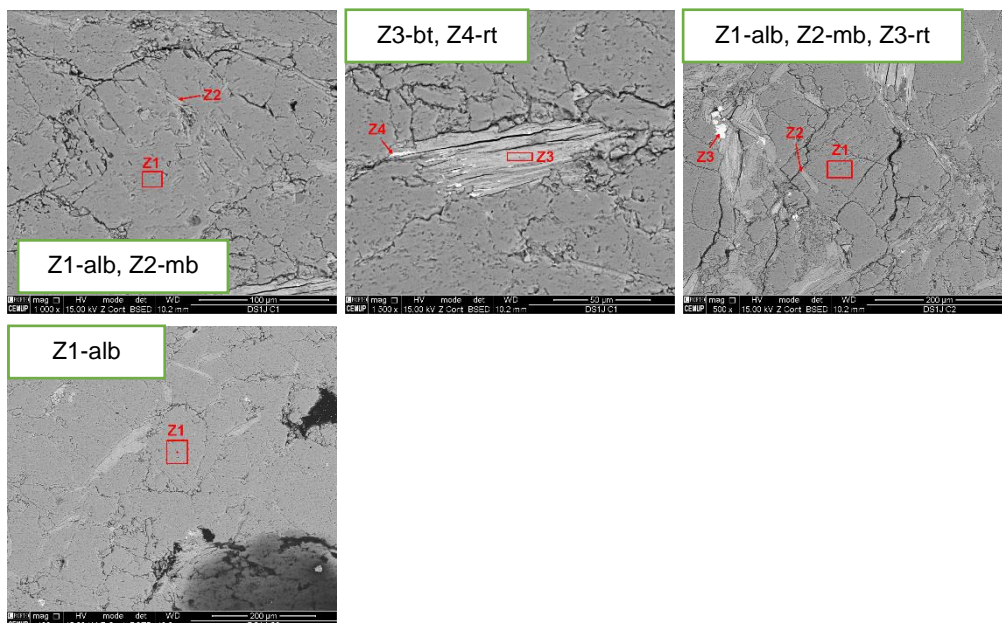


Amostra DS1J

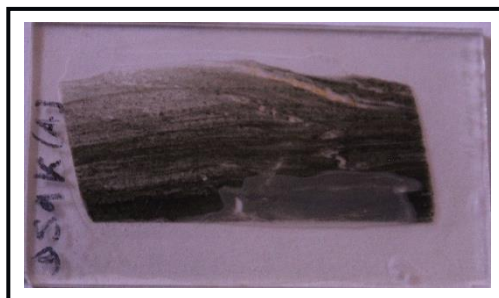


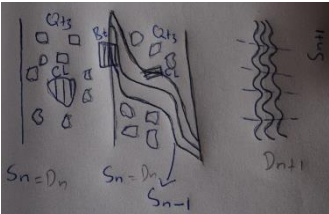
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Biotite, quartzo, albite, moscovite, zircão e opacos (ilmenite e rútilo)
Observação	-Rochas pelíticas -Zona biotite

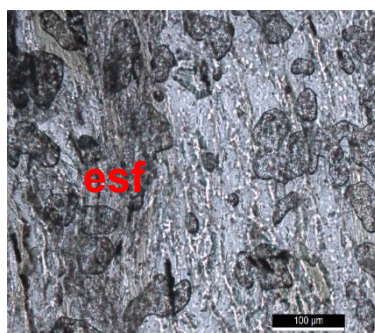
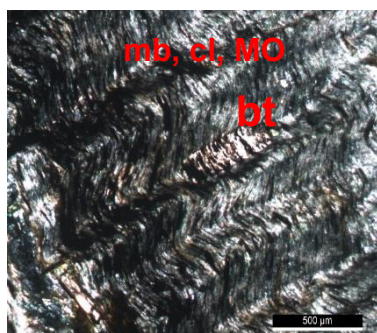
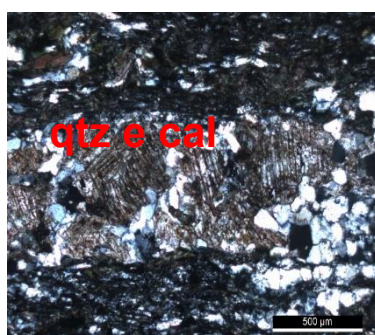
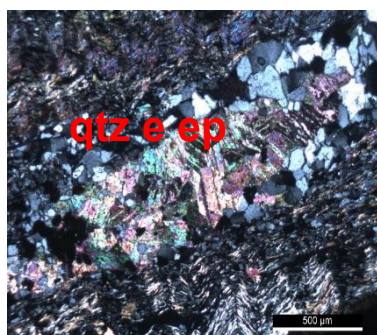




Amostra DS1K(A)



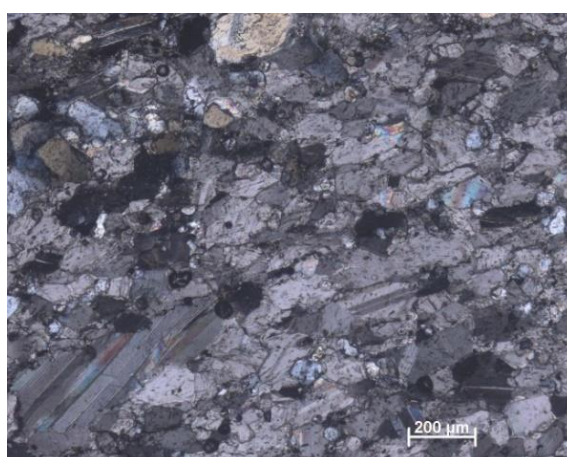
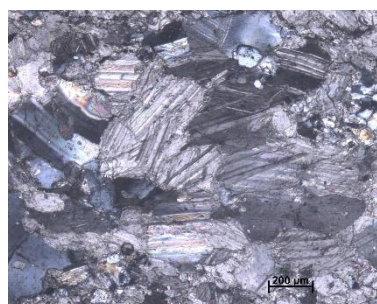
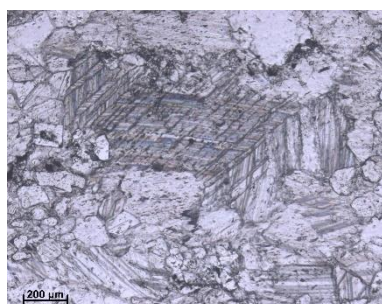
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Clorite, micas brancas, biotite, quartzo, esfena e opacos
Observação	 <ul style="list-style-type: none"> -Rochas pelíticas -Zona biotite - Três fases de deformação (D_{n-1}, D_n, D_{n+1}).



Amostra DS1K(B)



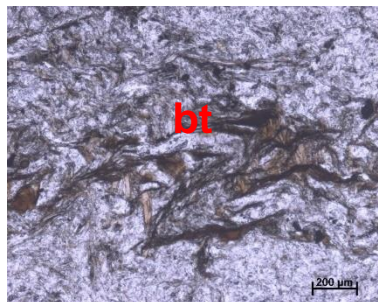
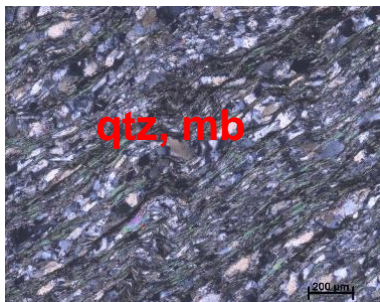
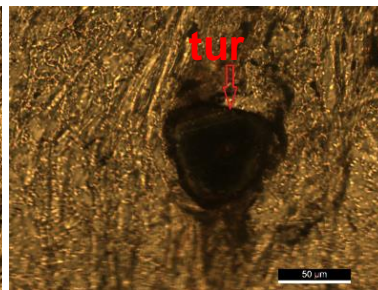
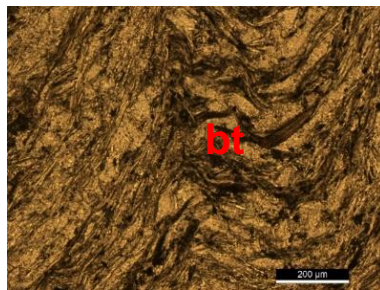
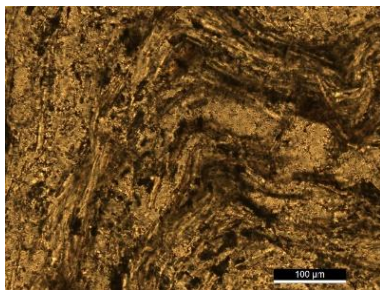
Tipo da rocha	Marmore impuro
Descrição macroscópica	
Textura	Granoblástica
Mineralogia	Calcite e quartzo
Observação	-Rochas carbonatadas



Amostra DS2K



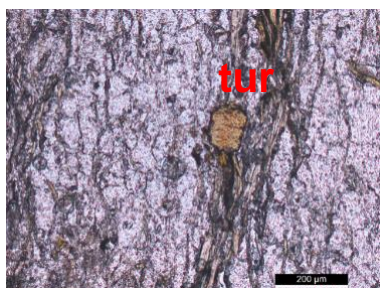
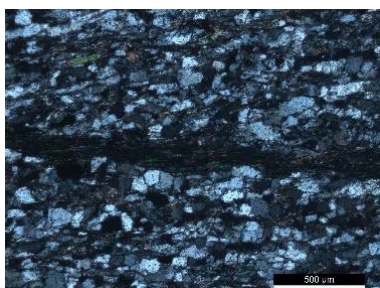
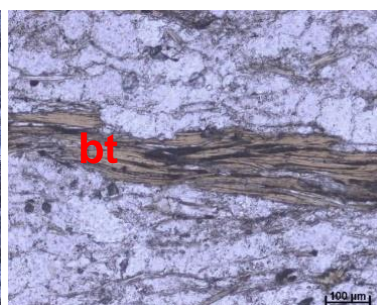
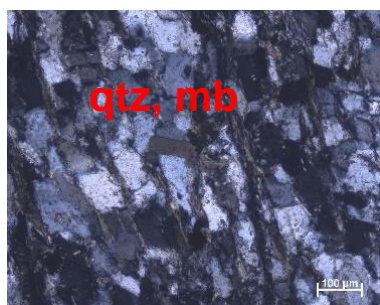
Tipo da rocha	Filito cinzento
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Biotite, quartzo, calcite, zircão detrítica, moscovite e turmalina.
Observação	-Rochas pelíticas -Duas fases de deformação D_n e D_{n+1} -Zona biotite



Amostra DS1L



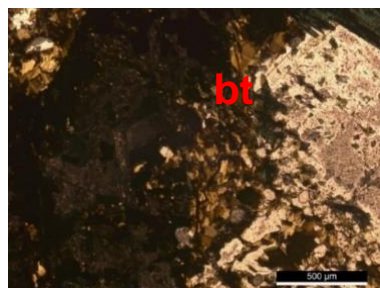
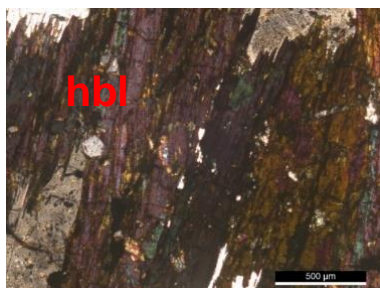
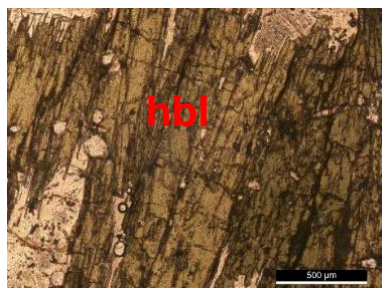
Tipo da rocha	Quartzo-filito
Descrição macroscópica	
Textura	Grano-lepidoblástica
Mineralogia	Biotite, quartzo, plagioclase, zircão, calcite, opaco e turmalina
Observação	-Rochas pelíticas -Zona biotite



Amostra DS1M



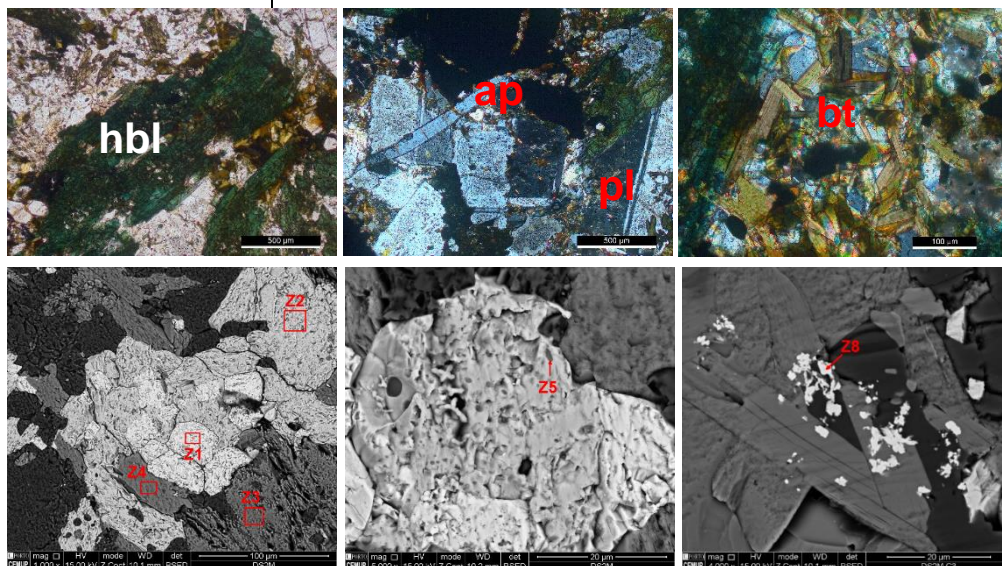
Tipo da rocha	Anfibolito
Descrição macroscópica	Granulometria média; os minerais são bem identificáveis: os minerais claros correspondem a plagioclase e os verdes correspondem a anfíbolos
Textura	Granoblástica
Mineralogia	Hornblenda, plagioclase, apatite, biotite, quartzo e opacos.
Observação	<ul style="list-style-type: none"> -Rochas básicas -plagioclase e hornblenda com textura ígnea -quartzo e biotite com textura metamórfica. -Fácies de xisto verde da zona de biotite

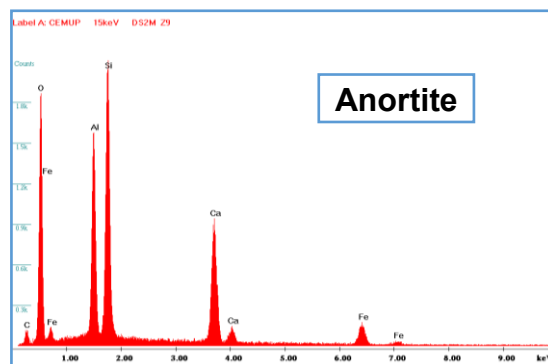
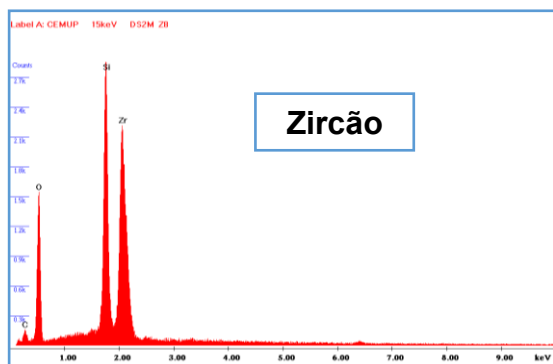
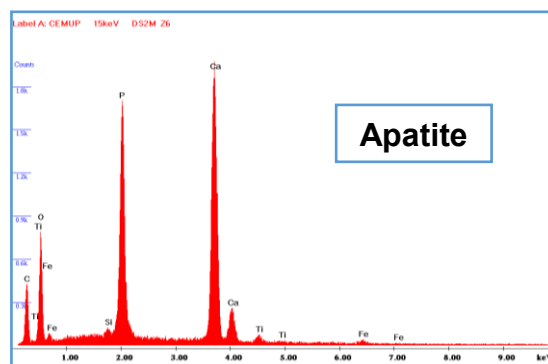
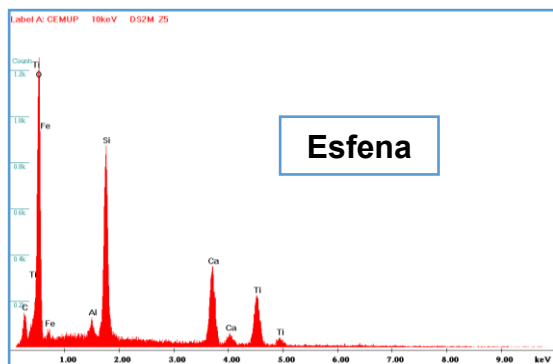
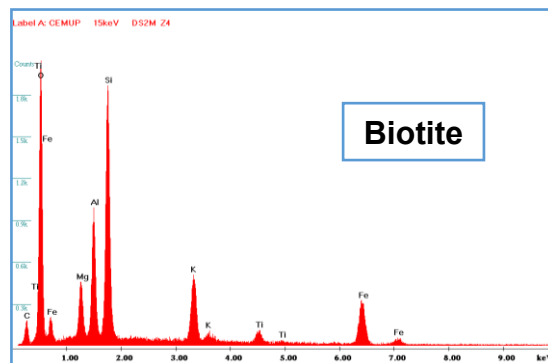
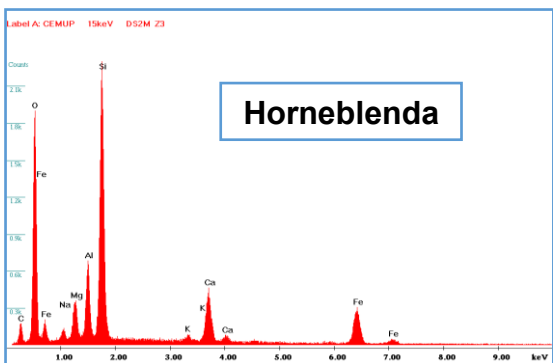
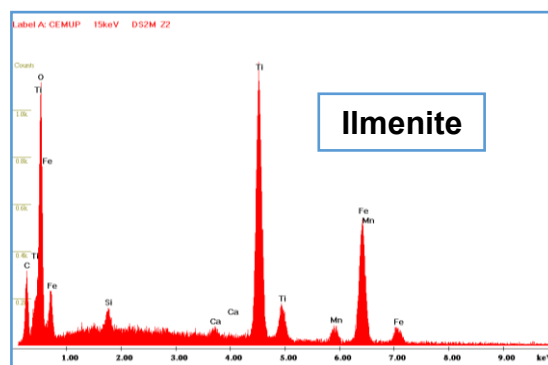
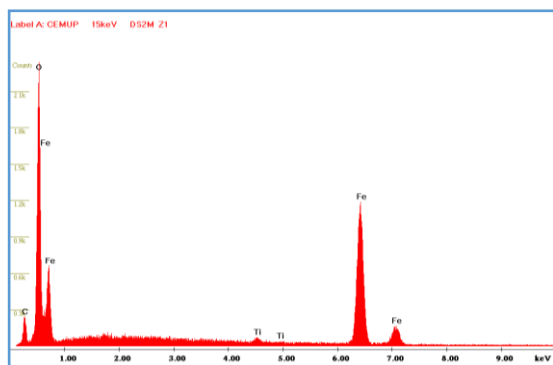


Amostra DS2M

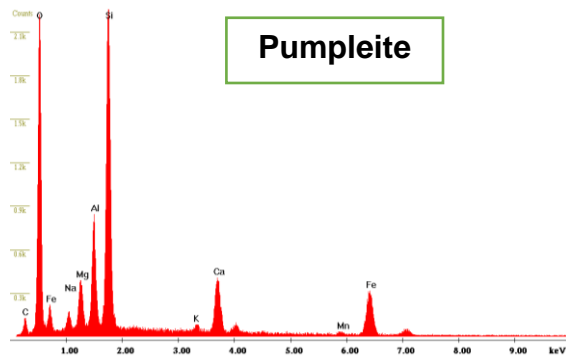


Tipo da rocha	Anfibolito
Descrição macroscópica	Granulometria grossa; os minerais são bem identificáveis: os minerais claros correspondem a plagioclase e os verdes correspondem a anfíbolos
Textura	Granoblástica heterogranular
Mineralogia	Hornblenda, plagioclase, apatite, biotite, quartzo, zircão, anortite com ETR, óxido de ferro, esfena e ilmenite
Observação	<p>-Rochas básicas</p> <p>-plagioclase e hornblenda com textura ígnea</p> <p>-quartzo e biotite com textura metamorfica.</p> <p>-Fácies de xisto verde da zona de biotite</p> <p>Z1- of, Z2- ilm, Z3-hbl, Z4-bt, Z5-esf, Z8-zr.</p>

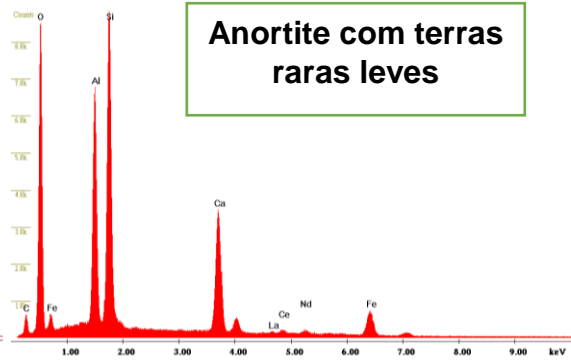




Label A: CEMUP 15keV DS2M Z10



Label A: CEMUP 15keV DS2M Z11



Anexo II: Tabela de síntese

Pontos	Coordenadas (X,Y)	Localidade	Amostras	Orientação das amostras	Lâminas	Obs.	Tipo de corte	Textura	Tipo da rocha
11	-8.489160° S 125.954890°W	Subão Grande	DS1A		DS1A			Cataclástico	Xisto verde
			DS2A		DS2A			Granoblástico heterogranular	Xisto verde
1	-8.573469° S 125.374216°W	Aipelo	DS1B	N240°;28	DS1B	N248°;28NW Eixo da dobra: SH;N236°	⊥	Grano-lepidoblástico	Quartzo-filito
2	-8.566820° S 125.436780°W	Ulmera	DS1C	N318°;38	DS1C	S _n //S ₀ : N142;20NE	⊥	Grano-lepidoblástico	Filito
3	-8.568264° S 125.470254°W	Tibar	DS1D		DS1D	S ₀ : N080;30SE		Grano-lepidoblástico	Filito
			DS2D		DS2D			Grano-lepidoblástico	Filito
			DS3D		DS3D			Grano-lepidoblástico	Filito cinzento
4	-8.613748° S 125.484542°W	sul de Tibar	DS1E		DS1E	S ₀ : N038°;20SE		Clástica	Arenito
			DS2E		DS2E			Clástica	Arenito
			DS3E		DS3E				Quartzo-filito
5	-8.558198° S 125.482007°W	Tasi-Tolu	DS1F	N309°;10	DS1F	S ₀ :N124°;70NE	⊥	Grano-lepidoblástico	Quartzo-filito
			DS2F		DS2F			Granoblástica heterogranular	Xisto cloritoso
			DS3F		DS3F			Grano-lepidoblástico	Filito cinzento
10	-8.475693° S 125.894423°W	Behau	DS1G	N112°;60S	DS1G	S ₀ //S _n :N096;42SW	//	Grano-lepidoblástica e Grano-nematoblástica	Transição de rochas calcossilicatada para quartzo-filito
			DS2G	N310;60S	DS2G		//	Grano-nematoblástica	Xisto anfibolito
			DS3G		DS3G			Granoblástica heterogranular	Epidotito

9	-8.527248° S 125.646760°W	Estrada para Hera via Fatucama	DS1H		DS1H(A)	Eixo da dobra: 48°;N330° 28°;N356° S ₀ /S _n : N176°;20SW		Grano- lepidoblástico à granoporfioblást ica	Xisto quartzo- carbonatada
					DS1H(B)			Grano- lepidoblástico à granoporfioblást ica	Quartzo-filito
			DS2H		DS2H(A)			Grano- lepidoblástico	Xisto quartzo- carbonatada
					DS2H(B)			Grano- lepidoblástico à granoporfioblást ica	Quartzo-filito
8	-8.527822° S 125.626939°W	Estrada para Hera via Fatucama	DS1I		DS1I			Grano- lepidoblástico	Filito negro
13	-8.537046°S 125.617203°W	Metiaut- Estrada para Hera via Fatucama	DS1J		DS1J	Eixo: 20°; N96		Grano- lepidoblástico	Quartzo-filito
6	-8.545213° S 125.604573°W	Metiaut	DS1K		DS1K (A)	S ₀ /S _n : N082; 70SE Eixo: 20°;N070		Grano- lepidoblástico	Quartzo-filito
					DS1K (B)			Granoblástica heterogranular	Mármore impuro
			DS2K		DS2K			Grano- lepidoblástico	Filito cinzento
7	-8.535286° S 125.614785°W	Metuaut- Estrada para Cristo Rei	DS1L		DS1L	Eixo: 70°;N315		Grano- lepidoblástico	Quartzo-filito
12	-8.520933°S 125.607167°W	Cristo Rei	DS1M		DS1M	S ₀ : N148°;72NE		Granoblástica	Anfibolito
			DS2M		DS2M			Granoblástica heterogranular	Anfibolito

Anexo III- Publicação no âmbito de dissertação



Estudo petrográfico das rochas do Complexo Metamórfico de Aileu - Timor Leste

D.J. Sávio¹, P. Nogueira², M.A.M. Ribeiro³

¹DGAOT- FCUP, Porto - up201207822@fc.up.pt, ²ICT- Pólo da Univ. Évora - pmn@uevora.pt, ³ICT- Pólo da Univ. Porto/DGAOT-FCUP, Porto, maribeir@fc.up.pt

O complexo Metamórfico de Aileu localiza-se na parte norte da ilha de Timor (Azeredo Leme, 1968; Audley Charles, 1968). Este complexo inclui diversas litologias, englobadas numa unidade alóctone, das quais se destacam rochas meta-pelíticas, meta-carbonatadas e meta-ígneas. Esta unidade, segundo alguns autores, fará parte da placa Asiática, instalada tectonicamente durante o Miocénico, sobre formações da placa continental Australiana durante um processo de colisão. As litologias metamórficas resultam de protólitos da idade Pérmico-Triásica e possivelmente do Jurássico (Prasetya & Harris, 1995; Monteiro & Pinto, 2003). As amostras estudadas neste trabalho foram recolhidas ao longo da costa norte de Timor-Leste, entre as povoações de Manatuto e Liquiça numa extensão de cerca de 70 km, e incluem todas as litologias referidas. No trabalho que agora apresentamos foram selecionadas as amostras mais representativas. Os estudos petrográficos e mineralógicos efetuados mostram que as rochas estudadas sofreram pelo menos duas fases de deformação. As rochas metassedimentares apresentam uma foliação principal em geral paralela à estratificação (S_n/S₀). Esta foliação apresenta-se crenulada por uma fase posterior, nem sempre acompanhada por clivagem de crenulação (S_n+1). As condições metamórficas, avaliadas sobretudo pelo estudo das rochas meta-pelíticas, não ultrapassaram a zona de biotite, da fácies dos xistos verdes. A blastese de biotite ocorre em porfiroblastos não muito desenvolvidos e com caráter pós-cinemático sobre S_n. Esta foliação é marcada por um bandado composicional já herdado de S₀, marcado por alternâncias de bandas lepidoblásticas de mica branca, alternando com bandas granoblásticas essencialmente quartzosas ou quartzo-calcíticas. As rochas meta-ígneas estudadas incluem anfibolitos, epidotitos e xistos verdes. A sua textura e mineralogia, e a sua associação espacial a rochas pelíticas na zona da biotite, permitem considerar que, também nestas, não foram ultrapassadas as condições metamórficas descritas. A distribuição geográfica da amostragem permitiu confirmar um gradiente metamórfico desde a zona da clonite a Oeste, até à zona da biotite a Leste. Este gradiente metamórfico de campo está de acordo com o definido por (Berry, 1979; Berry & Grady, 1981). Estes autores definem a existência de condições metamórficas na fácies anfibolítica que não foram confirmadas neste trabalho, apresentando-se as rochas anfibolíticas nas mesmas condições metamórficas que as meta-pelíticas.

Agradecimentos:

Este trabalho foi suportado pela FCT, COMPETE 2020, projeto ICT (UID / GEO / 04683/2013) POCI-01-0145-FEDER-007690.

Palavras-chave: Complexo metamórfico de Aileu, Metamorfismo e fases de deformação, Rochas metamórficas.

D. J. Sávio¹, P. Nogueira² e M. A. Ribeiro³

1. DGAOT-FCUP, Porto, dgao@fcup.up.pt; 2. ICT-Pólo da Univ. Évora, ictp@uevora.pt; 3. ICT-Pólo da Univ. Porto/DGAOT-FCUP, Porto, ictp@fcup.up.pt

Enquadramento geológico

O Complexo Metamórfico de Aileu localiza-se na parte norte da ilha de Timor e ocupa grande área de Timor Leste, na parte norte do território (Azeredo Leme, 1968; Audley Charles, 1968) (Fig.1A). Este complexo inclui diversas litologias, englobadas numa unidade alóctone, das quais se destacam rochas meta-pelíticas, meta-carbonatadas e meta-igneas. Esta unidade fará parte da placa Asiática, instalada tectonicamente durante o Miocénico, sobre formações da placa continental Australiana. As litologias metamórficas resultam de prótilos da idade Fémico-Trásica e possivelmente do Jurássico (Prashevsky & Harris, 1994; Monteiro & Pinto, 2003).

Estas litologias estão metamorfizadas em xistos pelíticos e filitos, gnaiss, mármore e anfibolitos em condições metamórficas que variam entre a fácies dos xistos verdes zona de clorite e topo de fácies anfibolítica. Foram deformadas e metamorfizadas durante os processos de *rifting* no Mesozoico e por colisão de arco continental no período de Neogénico (Berry, 1979; Berry & Grady, 1981).

FIGURA 1: A) Carta geológica simplificada de Timor Leste com escala 1:250.000 (adaptado por Audley-Charles, 1988 em Carvalho & Lisboa, 2003); B) Localização geográfica das amostras.

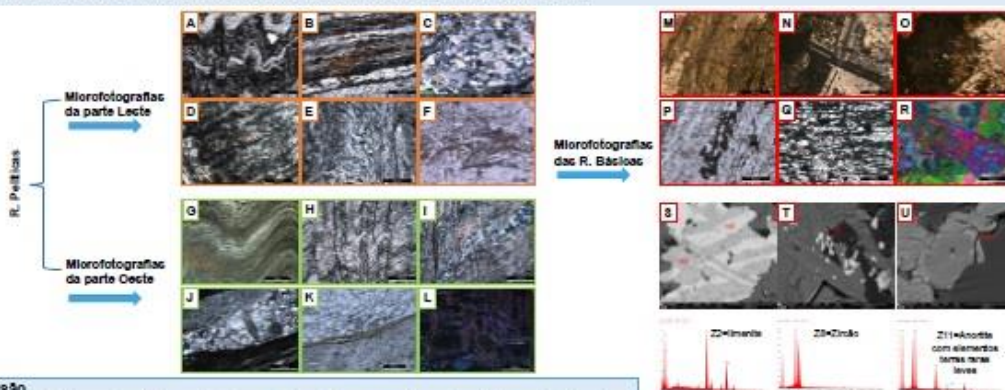
Figura 2: Aspectos dos afloramentos e das amostras de mão das litologias estudadas.

Afforamento	Amostra e/ou lâmina delgada	Designação litológica	Localização
C	DS1C	Filito	-8.566820° S 125.436780° W
D	DS2D	Filito	-8.568264° S 125.470254° W
F	DS1F	Quartzo-filito	-8.558198° S 125.482007° W
	DS2F	Xisto cloritoso	
K	DS1K	Quartzo-filito	-8.545213° S 125.604573° W
	DS2K	Filito	
M	DS1M	Amfibolito	-8.520933° S 125.607167° W
	DS2M	Amfibolito	
H	DS1HA	Xisto quartzo-carbonatado	-8.527248° S 125.645760° W
	DS1HB	Quartzo-filito	
G	DS1G	Rocha calcossilicada	-8.475693° S 125.894423° W
	DS2G	Xisto anfíbolico	
	DS3G	Enxistito	

Rochas políticas

Tanto na parte Leste como na parte Oeste há efeitos de duas fases de deformação D_1 e D_{2-3} , a última nem sempre acompanhada por clivagem de crenulação (S_{2-3}).

As amostras de anfibólitos (DS1M e DS2M) têm textura granoblastica/granoclástica, com granularidade grosseira dos cristais de hornblenda e de plagioclase (microfotografias M e N) e textura granoblastica fina de biotite e quartzo (microfotografia O). No estudo de SEM/EDS, na amostra DS2M foram analisados: minerais opacos (óxidos de ferro associados a limonite - microfotografia S); zircão associado a biotite e hornblenda (microfotografia T), e anortite com bordos enriquecidos em terras raras leves (microfotografia U). As amostras de rochas meta-igneas do afloramento G incluem rochas calcossilicáticas e xistos anfibólicos com texturas grano-nematoblasticas (microfotografias P e Q) com hornblenda e quartzo. O epidotito tem textura granoblastica heterogranular, essencialmente com cristais de epidoto (microfotografia R), acompanhados por quartzo, anfibolo, clorite e calcite.



Os estudos petrográficos e mineralógicos efetuados permitem concluir que, as rochas meta-pelíticas estudadas sofreram um processo de duas fases de deformação, a que, a fase α principal é em geral paralela à estratificação (S_1/S_2). Esta fase apresenta-se crenulada por uma fase posterior, nem sempre acompanhada por chivagem de crenulação (S_2). As rochas meta-ligadas estudadas incluem amfibolitos, epidiotos e xistos verdes. A sua textura e mineralogia, e a sua associação especial a rochas pelíticas na zona da biotite, permitem considerar que, também nestas, não foram ultrapassadas as condições metamórficas descritas.

A distribuição geográfica da amostragem permitiu confirmar um gradiente metamórfico desde a zona da clorite a Oeste, até à zona da biotite a Leste. Este gradiente metamórfico de campo está de acordo com o definido por (Berry, 1979; Berry & Grady, 1981), embora não tenhamos confirmado que tenham sido atingidas condições metamórficas da facies anfibolítica.

Alcorno, Leme, J. C. (1968). *Revue géologique de la province de Timor*. Junta de Investigações do Ultramar, 50.

Arthur-Claudet, M. G. (1963). *The geology of Portuguese Timor*. Geological Society of London.

Berry, R. F. (1974). *Deformation and metamorphism of the Alieu Formation, East Timor*. PhD, Finland.

Berry, R. F. & Grady, A. C. (1981). Deformation and metamorphism of the Alieu Formation, north coast of East Timor and its tectonic significance. *Journal of Structural Geology*, 3(2), 143-167. doi:https://doi.org/10.1016/0191-8141(81)90011-5

Morreim, F. C. & Pinto, V. C. (2003). Exploring Timor-Leste: Minerals Potential. *Paper*. Economic Cooperation Council-PECC Minerals Network, Bratislava, Switzerland, 17.

Reynolds, P. J. & Harris, R. A. (1985). Structure and tectonic significance of the Alieu Formation. *East Timor*, 1985.